

**Universidad Militar
Nueva Granada**



**SISTEMA DE REHABILITACIÓN Y COMUNICACIÓN
AUMENTATIVA Y ALTERNATIVA PARA PERSONAS
CON TRASTORNOS NEUROLINGÜÍSTICOS
CARACTERIZADOS POR AFASIA**

Sebastián Sastoque Hernández

Proyecto de Grado

Directora:
Ing. Marcela Iregui, Ph.D

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA EN MULTIMEDIA
BOGOTÁ
2012**

Este documento está preparado para ser imprimido a doble cara.

Sistema de rehabilitación y comunicación
aumentativa y alternativa para personas
con trastornos neurolingüísticos
caracterizados por afasia

Sebastián Sastoque Hernández

Trabajo de Grado para optar por el título de:
Ingeniería en Multimedia

Dirigida por:
Ing. Marcela Iregui, Ph.D

Asesora:
Fonoaudióloga Soraya Colina Matiz

Universidad Militar Nueva Granada

2012

Copyright © UMNG - Sebastián Sastoque Hernández

*Para todos los que creemos
que podemos llevar
la multimedia a otro nivel.*

*A mi madre,
quien ha sido el motor
e inspiración de este
proyecto.*

Agradecimientos

Desde que era pequeño mi padre siempre me inculcó una frase inolvidable para mí: “*A problemas... Soluciones...*”. Por esto quiero iniciar agradeciendo a mi padre por que gracias a esta frase, en el desarrollo de este trabajo siempre supe que para cada problema habría una solución. También quiero agradecer a mi madre, quien siempre ha sido el motor de mi vida y fue la inspiración de este proyecto. Sin ella, nada de esto hubiera sido posible. A mi hermana por su constante apoyo y ánimo para culminar este proyecto. A Jesús por su compañía, sus observaciones, cargadas de libros para poder estudiar la patología y su apoyo incondicional.

A Marcela, por todo el tiempo dedicado, por compartir su conocimiento de forma agradable y sin esperar nada a cambio, por las largas discusiones para afrontar de la mejor forma posible cada reto que se presentaba, por la motivación a investigar y su compromiso con este trabajo hasta el último momento, no tengo palabras para agradecer todo su esfuerzo y dedicación.

A Soraya, por todas las ideas que me daba para ayudar a las personas con discapacidad y toda su guía para hacer de este trabajo una herramienta útil para muchas personas que lo necesitan.

A mis profesores, que de una u otra manera aportaron en mi formación como ingeniero en multimedia, en especial a Eduard y Helioth, quienes durante sus cátedras y discusiones me brindaron conocimientos que fueron importantes para culminar este trabajo.

Al grupo de investigación ACCEDER de la Universidad Militar Nueva Granada, en especial a Lina por su dedicación, el corre corre y colaboración para realizar las pruebas del sistema.

Finalmente pero no menos importante, a Alba Hernández, Mario Bautista, Yadir Cely, Alix Forero, Carlos Fonca, Felipe Roncacion, Lina Niño, Sylvia Ramirez, Rommy Gómez, Fernanda Leiva y Mónica Alvarado por su colaboración y tiempo dedicado para realizar las pruebas.

Resumen

El presente trabajo busca aportar al proceso de Rehabilitación de la población colombiana con afasia, por medio de tecnología computacional, utilizando técnicas multimodales de interacción, teniendo en cuenta que según estadísticos como los presentados en el informe la carga de la enfermedad en Colombia año 2005, realizado por la Pontificia Universidad Javeriana 3,12 de cada 1000 personas padecen una enfermedad cerebro vascular y de las cuales aproximadamente un 0.24 presenta algún tipo de afasia. Por estudios estadísticos como este, la población con afasia se determina como una minoría y por esta razón no se tiene establecido como importante al momento de la realización de algún desarrollo tecnológico para mejorar su calidad de vida.

Por tal razón se hace necesario desarrollar sistemas o software especializados para esta población utilizando un lenguaje comprensible y mejorando el acceso a la tecnología, logrando de esta manera alternativas diferentes de rehabilitación utilizando el ordenador. Es por ello que el objetivo principal del presente trabajo, es el desarrollo de un prototipo experimental, de un sistema de rehabilitación y comunicación aumentativa y alternativa para la población colombiana con trastornos neurolingüísticos caracterizados por afasia, demostrando con ella la competencia de un ingeniero multimedia.

Desarrollado en el marco del presente proyecto, se realizó el Proyecto de Iniciación Científica 910 , en el cual se buscaba explorar posibles formas de interacción usuario maquina enfocadas a personas con discapacidad para mejorar su acceso a la tecnología. Los resultados del PIC910 son la base del modelo de interacción del sistema propuesto.

Las técnicas de interacción del sistema se realizan a través de la utilización de dispositivos de bajo costo como una cámara web, parlantes, IRPen, Wiimote, mini proyector, trackball, computador y el sistema de símbolos pictográficos para la comunicación (SPC) diseñado por Mayer y utilizando palabras tomadas del test de vocabulario de Boston para el diagnostico de la afasia, traduciendo dichos conceptos al lenguaje utilizado por la población colombiana.

El SIMCRA es el Sistema de Interacción Multimodal para Comunicación y Rehabilitación de la Afasia que busca ayudar en la solución del tratamiento de pacientes con afasia en los procesos de rehabilitación y comunicación alternativa y aumentativa. El SIMCRA cuenta con tres módulos (modulo de gestión de pacientes, modulo de rehabilitación y modulo de comunicación). El objetivo del SIMCRA es ayudar a los terapeutas, como una herramienta tecnológica para mejorar los procesos de rehabilitación de las personas con afasia.

Para validar la utilidad y facilidad de uso del SIMCRA se realizaron pruebas con 8 terapeutas y 3 pacientes con afasia, entregando resultados positivos en el modelo de interacción propuesto que se pueden evidenciar con la apreciación de un terapeuta al preguntarle por la descripción de la experiencia obtenida al utilizar el sistema: *“Ha sido una experiencia bastante satisfactoria pues es una herramienta que nos facilita realizar un sesión dinámica y enriquecedora de terapia y ayudar los procesos de Comunicación Aumentativa y Alternativa.”*

Índice

Agradecimientos	VII
Resumen	IX
I Memoria	1
1. Introducción	3
1.1. Objetivos	4
1.1.1. Objetivo General	4
1.1.2. Objetivos Específicos	4
1.2. Motivación	4
1.3. Contribuciones	6
1.4. Organización de la memoria	6
2. Estado del Arte	9
3. Marco Teórico	13
3.1. Afasia, Comunicación Alternativa y Aumentativa y Tecnología	13
3.2. Interacción Humano Computador	15
3.2.1. Sistemas de HCI Unimodales	17
3.2.2. Sistemas de HCI Multimodales	18
3.2.3. Aplicaciones	18
3.2.4. HCI y Discapacidad	19
3.3. Accesibilidad y Usabilidad	20
3.4. Interfaces de Usuario	22
3.5. Reconocimiento de Imágenes	23
3.6. Minería de datos para sistemas de recomendación	24
3.7. Colombia en el ámbito de Tecnología y Discapacidad	26
4. Técnicas de Interacción	29
	XI

4.1. Dispositivos y su organización	29
4.2. Detección y reconocimiento de imágenes	30
4.3. Selección de comandos con el IRPen	33
4.4. Manipulación del Trackball	34
5. Sistema de Interacción Multimodal para Comunicación y Rehabilitación de la Afasia (SIMCRA)	37
5.1. Introducción	37
5.2. Módulo de Gestión de Pacientes	42
5.3. Módulo de Rehabilitación	45
5.3.1. Batería de Ejercicios	47
5.4. Módulo de Comunicación	50
6. Evaluación	53
6.1. Pruebas	53
6.1.1. Introducción	53
6.1.2. Pruebas con Pacientes	54
6.1.3. Pruebas con Terapeutas	54
6.2. Resultados	55
6.2.1. Resultados Pruebas Pacientes	55
6.2.2. Resultados Pruebas Terapeutas	57
6.3. Discusión	58
7. Conclusiones	59
7.1. Resultados del Proyecto de Grado	60
8. Recomendaciones y Trabajo Futuro	63
II Apéndices	65
A. Teoría Neurolingüística, Afasia y CAA	67
A.1. Neurolingüística	67
A.2. Afasia	69
A.2.1. Clasificación de la afasia	70
A.3. Rehabilitación de la Afasia	74
A.3.1. Aspectos importantes de las terapias	76
A.3.2. Tipos de terapia	78
A.4. Comunicación Aumentativa y Alternativa (CAA)	79
B. HCI e Interacción Multimodal	83

B.1. Interacción Humano Computador e Interacción Multimodal	83
B.1.1. Interacción Multimodal	84
C. Diseño de interfaces	87
C.1. Interfaz de Usuario	87
C.1.1. Dar el control al usuario	88
C.1.2. Reducir la carga de memoria del usuario	88
C.1.3. Construir una interfaz consecuente	89
C.2. Interfaz Gráfica de Usuario	89
C.2.1. Principios del diseño de la GUI	90
C.2.2. Conceptos relacionados con el color	91
D. Descripción de Técnicas	95
D.1. Speeded-Up Robust Features (SURF)	95
D.1.1. Bases Matemáticas	95
D.1.2. Descripción General del Algoritmo	96
D.1.3. Paso a Paso del Algoritmo	97
D.2. Distancia de Levenshtein	107
D.2.1. Similitud entre secuencias	107
D.2.2. Teoría de la Distancia de Levenshtein	108
D.2.3. Algoritmo de Distancia de Levenshtein	109
D.3. Bases teóricas para el sistema de recomendación	109
D.3.1. Fundamentos de Probabilidad	109
D.3.2. Teorema de Bayes	113
E. Evaluación de la Usabilidad	115
F. Artículo presentado en Webmedia2012	121
F.1. Certificado de Presentación	121
F.2. Artículo	122
G. Artículo aprobado para presentación en TISE 2012	127
G.1. Aceptación de Artículo	127
G.2. Artículo	130
H. Informe Final de la Asignatura Reconocimiento de Patrones	137
I. Casos de Uso	147
I.1. Casos de uso modulo de Gestión de pacientes	148
I.2. Casos de uso modulo de Rehabilitación	152
I.3. Caso de uso modulo de Comunicación	155

J. Actividades de la batería de ejercicios	157
J.1. Categoría de Atención	157
J.1.1. Actividad de Cancelación	157
J.1.2. Actividad de Repetición	157
J.1.3. Actividad de Búsqueda	159
J.2. Categoría de Funciones Ejecutivas	159
J.2.1. Actividad de Ordenamiento de Acciones	159
J.2.2. Actividad de Razonamiento de Diferencias	160
J.3. Categoría de Lenguaje	160
J.3.1. Actividad de Nominación	161
J.3.2. Actividad de Definición	161
J.4. Categoría de Memoria	161
J.4.1. Actividad de Reconocimiento Visual	163
J.4.2. Actividad de Memoria de Rostros	163
J.5. Categoría de Percepción	164
J.5.1. Actividad de Tamaño	164
J.5.2. Actividad de Detalles	164
J.5.3. Actividad de Colores	166
J.6. Categoría de Escritura y Visoconstrucción	166
J.6.1. Actividad de Escritura del Nombre	166
J.6.2. Actividad de Letras del Nombre	167
J.6.3. Actividad de Grafomotricidad	167
J.6.4. Actividad de Conteo	167
K. Protocolo de pruebas	171
K.1. Protocolo de pruebas	172
K.2. Consentimientos Informados	183
K.3. Test de Pacientes	186
K.4. Test de Terapeutas	189
L. Otros Anexos	193
L.1. Software SIMCRA	193
L.2. Documentación Pruebas	193
L.3. Vídeo de Aplicación	193
L.4. Manual de Usuario	194

Bibliografía	195
---------------------	------------

Índice de figuras

4.1. Disposición de los dispositivos tecnológicos para el modelo de interacción propuesto	30
4.2. Conjunto de pictogramas utilizados en la técnica de Detección y reconocimiento de Imágenes.	31
4.3. Técnica de interacción por medio de la detección y el reconocimiento de imágenes	32
4.4. Método de reconocimiento de patrones utilizado en la interfaz de interacción de Detección y Reconocimiento de Imágenes	33
4.5. Técnica de interacción por medio del Wiimote y el IRPen.	34
4.6. Técnica de interacción utilizando la manipulación del Trackball.	35
5.1. Diagrama de casos de uso del sistema.	38
5.2. Flujo general del sistema.	39
5.3. Diagrama de bloques del sistema.	41
5.4. Pantalla de perfil de usuario para elegir el modulo a utilizar.	42
5.5. Diagrama de casos de uso del módulo de Gestión de Pacientes.	43
5.6. Flujo del módulo de gestión de pacientes.	43
5.7. Interfaz gráfica del modulo de gestión de pacientes.	44
5.8. Formulario de información de paciente.	44
5.9. Diagrama de casos de uso del módulo de Rehabilitación.	45
5.10. Flujo del módulo de rehabilitación.	46
5.11. Diagrama de bloques del módulo de rehabilitación.	47
5.12. Pantalla del caso de uso de Agendar de ejercicios.	48
5.13. Categorías y actividades de la batería de ejercicios.	49
5.14. Técnica de inteligencia artificial para el reconocimiento de trazos en la escritura del nombre.	50
5.15. Diagrama de bloques del modulo de comunicación.	50
5.16. Flujo del módulo de comunicación.	51
5.17. Interfaz gráfica de usuario para el módulo de comunicación.	52

6.1. Evidencia de las pruebas realizadas con los pacientes.	55
6.2. Evidencia de las pruebas realizadas con los terapeutas.	56
A.1. Áreas del cerebro que intervienen en los procesos neurolingüísticos (Obler y Gjerlow, 2001)	69
B.1. Representación del ciclo de interacción de un sistema multimodal se- gún Norman (2002)	85
D.1. Demostración del cálculo de la imagen integral	99
D.2. Ejemplo de los filtros caja utilizados para la aproximación del Lapla- ciano del Gaussiano	101
D.3. Vecinos a tener en cuenta para la selección de puntos de interés . . .	102
D.4. Máscaras de Haar para estimar la orientación de los puntos de interés	104
D.5. Vectores en la ventana de orientación móvil para determinar la orien- tación de los puntos de interés	105
D.6. Imagen representativa de la construcción del descriptor SURF	105
J.1. Ejemplo de ejercicio de la actividad de Cancelación.	158
J.2. Ejemplo de ejercicio de la actividad de Repetición.	158
J.3. Ejemplo de ejercicio de la actividad de Búsqueda.	159
J.4. Ejemplo de ejercicio de la actividad de Ordenamiento de Acciones. . .	160
J.5. Ejemplo de ejercicio de la actividad de Razonamiento de Diferencias.	161
J.6. Ejemplo de ejercicio de la actividad de Nominación.	162
J.7. Ejemplo de ejercicio de la actividad de Definición.	162
J.8. Ejemplo de ejercicio de la actividad de Reconocimiento Visual. . . .	163
J.9. Ejemplo de ejercicio de la actividad de Memoria de Rostros.	164
J.10. Ejemplo de ejercicio de la actividad de Tamaño.	165
J.11. Ejemplo de ejercicio de la actividad de Detalles.	165
J.12. Ejemplo de ejercicio de la actividad de Colores.	166
J.13. Ejemplo de ejercicio de la actividad de Escritura del Nombre.	167
J.14. Ejemplo de ejercicio de la actividad de Letras del Nombre.	168
J.15. Ejemplo de ejercicio de la actividad de Grafomotricidad.	168
J.16. Ejemplo de ejercicio de la actividad de Conteo.	169

Índice de Tablas

3.1. Comparación de diversos Software que utilizan sistemas de Comunicación Aumentativa y Alternativa	16
3.2. Técnicas de minería de datos que son utilizadas frecuentemente	25
6.1. Resultado de las preguntas realizadas a los pacientes	56
6.2. Resultado de la valoración de los terapeutas a las interfaces de interacción	57
6.3. Resultado de las preguntas relacionadas con la usabilidad del sistema por parte del paciente	57
7.1. Resultados del proyecto realizado con respecto a los objetivos planteados	61
A.1. Resumen de la clasificación de las afasias según Luria (1976)	72

Parte I

Memoria

Capítulo 1

Introducción

RESUMEN: En este capítulo se introduce el tema del proyecto de grado. Se puede encontrar el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos, las contribuciones y la organización de la memoria.

Los trastornos neurolingüísticos son definidos como todos los cambios o alteraciones presentes en el lenguaje, derivados de una patología neurológica, como los accidentes cerebrovasculares, tumores cerebrales y enfermedades infecciosas como la meningitis, entre otros. Estos trastornos se caracterizan por la dificultad en la comunicación lingüística, afectando no solo los aspectos del lenguaje sino también aspectos intelectuales y de la personalidad (Martínez, 2008).

Dentro de los trastornos neurolingüísticos se encuentra la Afasia, definida por Ardila (2006), como la alteración en la capacidad para utilizar el lenguaje, con conservación de la inteligencia y la integridad de los órganos fonatorios, causada generalmente por un accidente cerebrovascular o un traumatismo encéfalo craneano, y en algunos casos tumores cerebrales.

Las personas con este trastorno se enfrentan a diferentes problemas, entre los que encontramos lo asociados con el acceso a la tecnología, debido a disfunciones físicas en el ámbito motor asociados al trastorno, como la hemiparesia, problemas de comprensión e interpretación de las modalidades convencionales de interacción humano-computador, como el mouse y el teclado, y comprensión de las interfaces tanto gráficas como de interacción que se presentan en la actualidad (Cook, Polgar y Hussey, 2008).

Es importante destacar que las personas que padecen afasia, por lo general han tenido contacto previo con la tecnología, haciendo necesario dentro del proceso de rehabilitación restituir el uso de tecnología, como medio alternativo de comunicación, mecanismo de inclusión o sistema de apoyo en las actividades utilizadas en

rehabilitación (Basil, Soro-Camats y Rosell, 2004).

Por medio de este trabajo se busca ayudar en el proceso de rehabilitación de la población colombiana con este trastorno, por medio de tecnología computacional, utilizando técnicas multimodales de interacción, basadas en visión por computación, reconocimiento de patrones y diseño de interfaces, apoyadas en procesos de comunicación aumentativa y alternativa.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Desarrollar un prototipo experimental, de un sistema de rehabilitación y comunicación aumentativa y alternativa, para población colombiana con trastornos neuroligüísticos caracterizados por afasia, utilizando técnicas multimodales de interacción humano-computador.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Elaborar e implementar los casos de uso a utilizar en el sistema acorde con los conceptos básicos de la afasia, sus problemas asociados y las diversas técnicas utilizadas en la rehabilitación del trastorno por medio de análisis bibliográfico y entrevistas a especialistas en el tema.
- Diseñar un modelo de interacción para aplicarlo al sistema, como método alternativo de acceso a la tecnología utilizando los resultados obtenidos en el Proyecto de Iniciación Científica 910 (Sastoque y Iregui, 2011).
- Diseñar una interfaz gráfica para ayudar a suplir las necesidades específicas de la población en estudio utilizando las teorías de diseño centradas en el usuario y el uso.
- Evaluar el sistema desarrollado para medir su operabilidad por medio del concepto de un especialista en el tema y una persona con afasia.

1.2. Motivación

Según el Informe *La Carga de la Enfermedad en Colombia* del año 2005 (Acosta Ramírez, Peñaloza y García Rodríguez, 2008), realizado por la Pontificia Universidad Javeriana, 3,12 personas de cada 1.000 presentan una enfermedad cerebrovascular, de las cuales aproximadamente 0,24 presenta algún tipo de Afasia. Al ser esta

cifra pequeña, esta población es considerada una minoría, que posee los mismos derechos que cualquier colombiano, y debería ser contemplada en el momento de realizar desarrollos tecnológicos para mejorar sus rehabilitación y calidad de vida. Es por esto que se hace necesario desarrollar sistemas o software especializados para esta población utilizando el léxico colombiano cotidiano, mejorando el acceso a la tecnología y generando alternativas diferentes de rehabilitación utilizando el ordenador.

Por otro lado en el ámbito profesional, la ingeniería en multimedia, al utilizar diversas áreas del conocimiento como visión por computador, inteligencia artificial, simulación por computador, diseño de interfaces e interacción humano computador, entre otras, genera nuevos campos de desarrollo en el área de la salud, logrando así la creación de sistemas especializados para tareas específicas, en este caso particular, desarrollar un sistema de rehabilitación y comunicación aumentativa y alternativa para la población colombiana con trastornos neurolingüísticos caracterizados por afasia.

Además el desarrollo de este trabajo permite mostrar las siguientes competencias específicas de un Ingeniero en Multimedia según el Proyecto Educativo del Programa de Ingeniería en Multimedia de la Universidad Militar Nueva Granada (UMNG, 2011), el cual dice que un Ingeniero en Multimedia:

- Explora, argumenta, plantea, desarrolla o interviene proyectos multimediales que incorporan elementos tecnológicos, comunicativos y estéticos.
- Diseña, desarrolla y evalúa aplicaciones dirigidas al mejoramiento de la interacción del usuario con diferentes dispositivos, que permitan mejorar la experiencia de éste en el uso de la tecnología.
- Emplea métodos de simulación, computación gráfica, visión por computador, tratamiento y procesamiento de imágenes, para aplicaciones de análisis, transformación, representación y compresión de contenido multimedia en áreas como Medicina, Medio Ambiente, Meteorología, Sistemas de Información Geográfica, Medicina Forense, Construcción, Arquitectura, Entretenimiento, Educación y Biología, entre otras.

Personalmente, este trabajo posee gran importancia y motivación, ya que he tenido contacto con la población que posee este trastorno y su problemática en el acceso al ordenador, la falta de desarrollo de terapias de rehabilitación innovadoras haciendo uso del computador y sus problemas de comunicación latentes que pueden ser ayudados desde la creación de un buen sistema. Además, con el desarrollo de este trabajo pretendo consolidar los conocimientos adquiridos durante mi formación como ingeniero en multimedia, generando mayor aprendizaje e investigación en diferentes áreas del conocimiento implicadas en el desarrollo del sistema.

1.3. Contribuciones

Las contribuciones principales de este trabajo son:

1. Un prototipo del software SIMCRA, el cual es un Sistema de Interacción Multimodal para la Comunicación y Rehabilitación de la Afasia (ver Apéndice L.1).
2. Presentación del artículo “*Multimodal Interaction System for Disabled People*” en el XVIII Simposio Brasileiro de Multimedia y Web (WebMedia 2012) realizado en Sao Paulo, Brasil (ver Apéndice F), el cual expone el modelo de interacción multimodal aplicado en este proyecto.
3. Aprobación para presentación del artículo “*Sistema de Interacción Multimodal para uso en Rehabilitación de la Afasia*” en el XVII Congreso Internacional de Informática Educativa (TISE 2012), que será realizado en Santiago de Chile, Chile (ver Apéndice G), el cuál expone las generalidades del sistema SIMCRA.
4. Revisión bibliográfica de temas relacionados con: Interacción Humano Computador, Interacción Multimodal, Técnicas de Reconocimiento de Imágenes, Conceptos de accesibilidad y Usabilidad, Evaluación de la Usabilidad, entre otros. Esta revisión bibliográfica esta presentada en este documento y se profundiza en los Apéndices.

1.4. Organización de la memoria

Este documento esta escrito para compartirle al lector una visión general del desarrollo del Sistema SIMCRA. En los capítulos que se encuentran en la parte I, se presenta la información requerida para la comprensión del trabajo de grado. Sin embargo en los apéndices, presentados en la parte II, se encuentra información detallada de los tópicos más importantes de este proyecto y de los soportes del mismo. Dentro del documento se hace referencia explícita del contenido que se puede profundizar en los apéndices.

Esta memoria esta estructurada en los siguientes capítulos:

1. El capítulo 2 presenta una revisión del Estado del Arte de los temas de Interacción Humano computador, Accesibilidad, Usabilidad, Afasia y Comunicación Aumentativa y Alternativa.
2. El capítulo 3 se centra en el marco conceptual utilizado para el desarrollo del trabajo de grado.

-
3. El capítulo 4 explica las técnicas de interacción multimodal utilizadas en el sistema.
 4. El capítulo 5 aborda la descripción del sistema, sus módulos, componentes y metodología para la implementación del sistema.
 5. El capítulo 6 explica las pruebas realizadas para medir la facilidad de uso y la utilidad del sistema; presenta los resultados obtenidos de las pruebas realizadas y del proyecto de grado y se realiza el análisis y discusión de los resultados obtenidos.
 6. El capítulo 7 presenta las conclusiones obtenidas.
 7. El capítulo 8 pone fin a la memoria con las recomendaciones y el trabajo futuro.

Capítulo 2

Estado del Arte

RESUMEN: Mientras las tecnologías de la información y comunicación han transformado áreas como el entretenimiento y el comercio, además de ser acogidas por muchas disciplinas académicas, el impacto en la evaluación y tratamiento de desordenes del lenguaje ha sido relativamente poco. Pese a que los procesos de rehabilitación de la afasia siempre han utilizado los avances tecnológicos que dispone la sociedad, el uso de los computadores en el campo de la terapia del lenguaje, por parte de los terapeutas clínicos, es casi una excepción. En esta sección se presenta una revisión del estado del arte de los principales tópicos de este trabajo.

La afasia ha sido objeto formal de estudio desde el año 1861, se ha estudiado desde diversas áreas como la neurología, la psicología y la neuropsicología. Estos estudios fueron desarrollados inicialmente por Paul Broca y Karl Wernicke y en la actualidad sus investigaciones son la base científica del estudio de la afasia (Ardila, 2006). Teniendo en cuenta todos los estudios realizados y el aumento de las diferentes tecnologías, se han realizado algunos análisis del uso de la tecnología computacional en el tratamiento de la afasia; Iza (2003) llega a la conclusión, que la tecnología informática es un excelente recurso en la intervención y el proceso terapéutico, sin dejar a un lado al terapeuta, quién juega un papel central en todo el proceso de rehabilitación, donde el desarrollador de software debería atender las necesidades de los terapeutas y las personas afásicas. Por otro lado, Davis y Copeland (2006) estudiaron los beneficios del uso de la tecnología en personas con afasia obteniendo como resultado una mejoría en la comprensión y producción del lenguaje, ayudando en los procesos de lenguaje hablado, comprensión de lectura, comprensión auditiva y semántica de palabras.

En el área de Interacción Humano Computador, se han desarrollado diversos dispositivos para acceder al computador, a pesar que estos dispositivos no son diseñados

especialmente para personas con afasia, han sido utilizados en procesos terapéuticos y de rehabilitación, dentro de estos dispositivos encontramos los trackballs, los teclados y ratones modificados, los pulsadores y software especializados para sustituir el ratón y el teclado convencional (Cook et al., 2008). Además existen diversos dispositivos que ayudan en el proceso de comunicación, como los comunicadores con voz sintética y los tableros de comunicación, los cuales permiten la comunicación de pacientes afásicos con su entorno, por medio de métodos de comunicación alternativa y aumentativa (Basil et al., 2004).

En cuanto a accesibilidad y usabilidad se han creado diversos estándares, los cuales son reglamentados por organizaciones internacionales; es el caso de la norma ISO 9999 y la norma ISO 9241, que contienen los requisitos que son necesarios para el acceso al ordenador y diseño de software. Sin embargo la mayoría de estas normas se limitan a personas con problemas visuales o auditivos y por lo tanto los diferentes software se han limitado únicamente a este tipo de impedimentos, por ejemplo los diferentes sistemas operativos, como Windows y Mac OS, poseen módulos de accesibilidad y acceso universal donde la gran parte se basa en agrandar los textos de la pantalla o leer los comandos básicos del sistema operativo (Granollers, 2004).

Además de esto existen interfaces especialmente diseñadas para personas con discapacidades, donde la interacción y la interfaz gráfica se complementan para darle al usuario una experiencia distinta y fácil al momento de utilizar el ordenador. Estas interfaces generalmente están compuestas por símbolos y pictogramas donde por medio de dispositivos de entrada especializados, el usuario puede interactuar con el software y de esa manera crear mensajes para comunicarse de manera adecuada, un ejemplo de este tipo de software es Plaphoons, el cual es una aplicación que permite crear mensajes por medio de distintos sistemas de símbolos como el Bliss o el Premack (Belloch, 2004).

En el campo de multimedia, se han desarrollado diferentes ayudas y software de rehabilitación, entre ellos encontramos The Online Multimedia Language Assistant, el cual es un sistema predictivo de lenguaje, que por medio de diferentes técnicas de inteligencia artificial y redes neuronales, ayuda a la persona, que posee trastornos de lenguaje, a navegar por la web o escribir documentos de manera fácil y rápida (Ma, 2010). Otras aplicaciones multimedia han sido desarrolladas utilizando recorridos virtuales y modelos 3D, es el caso de Word-Instructor, el cual usa una casa virtual para que el paciente en su etapa de rehabilitación utilice este sistema para identificar objetos de uso cotidiano en el hogar (Sik Lányi, Geiszt y Magyar, 2006).

A nivel mundial se han desarrollado diferentes software para rehabilitación de personas con afasia, encontramos la casa de desarrollo Bungalow que desarrolla apli-

caciones especializadas en rehabilitación de personas con trastornos de lenguaje, dentro de su portafolio de productos se encuentra Aphasia Tutor, el cual posee ejercicios de reconocimiento de letras y palabras para personas afásicas. Otro software desarrollado es *Lexia 3.0*, desarrollado en la fundación Sueca Stora Sköndal, para Windows, el cual ofrece una variedad de ejercicios especializados para personas con trastornos del lenguaje como apraxia, afasia, agrafia y dislexia (Abre y Wehrendt, 2009). A pesar que existen este tipo de software, estos son poco utilizados en población colombiana ya que están desarrollados en idioma inglés y los que se encuentran en español, utilizan el léxico utilizado en España, lo que hace que no puedan ser aplicados de manera correcta en Colombia ya que muchas palabras cambian de significado.

Los especialistas en el tratamiento de la afasia en Colombia, en su gran mayoría utilizan material desarrollado por ellos mismos y adaptado según la necesidad de cada persona que se encuentra en tratamiento, por ejemplo utilizan juegos infantiles como loterías o rompecabezas, donde adaptan el material a la terapia. El uso de software y tecnología computacional en el proceso de rehabilitación rara vez es utilizado, ya que los software desarrollados especializados para población colombiana son pocos o no son conocidos (Colina, 2011).

En el contexto de este trabajo se desarrolló el Proyecto de Iniciación Científica 910, cuyo objetivo principal fue explorar posibles formas de interacción usuario-máquina enfocadas en personas con discapacidad para mejorar su acceso a la tecnología e implementar un prototipo experimental para evaluar su viabilidad desde el punto de vista de desarrollo tecnológico. De este trabajo se tomaron los elementos de interacción más apropiados para adecuarlos al sistema (Sastoque y Iregui, 2011).

Capítulo 3

Marco Teórico

RESUMEN: Para entender el contexto en el que se desarrolló este trabajo, es necesario contar con los conocimientos necesarios de los conceptos que se utilizaron para el análisis del problema como lo son la neurolingüística, la afasia, la rehabilitación de la afasia, la comunicación alternativa y aumentativa y la accesibilidad y usabilidad; además es importante explicar los métodos de diseño y evaluación, como las técnicas utilizadas para el desarrollo de las interfaces de interacción y gráficas. En este capítulo se presenta una breve descripción de dichos conceptos, metodologías y técnicas.

3.1. Afasia, Comunicación Alternativa y Aumentativa y Tecnología

La neurolingüística, definida en el apéndice A.1, como la disciplina que estudia los procesos del lenguaje en las bases neurofisiológicas, busca ayudar al tratamiento de patologías del lenguaje, como la afasia, derivadas de distintas enfermedades como los Accidentes Cerebro Vasculares (ACV) y los traumatismos craneoencefálicos. Dentro de esta área, la afasia, definida en el apéndice A.2, como un trastorno neurolingüístico, que se caracteriza por la pérdida total o parcial de la capacidad de comprender o utilizar el lenguaje ya formado, ha sido objeto de estudio tanto en los fundamentos biológicos y clínicos como en los procesos de rehabilitación y terapia.

La rehabilitación de la afasia (ver apéndice A.3) siempre ha utilizado los avances tecnológicos que dispone la sociedad. Grabadoras de cassette portátiles, grabadoras de vídeo e incluso los computadores son utilizados como herramientas clínicas en la rehabilitación de la afasia. Ocasionalmente, los mecanismos especiales son desarrollados al adaptar la tecnología existente a las necesidades del terapeuta, por ejemplo,

el uso de tecnología de grabación analógica en el desarrollo del Bell & Howell Language Master (Keenan y Co, 1967).

Los primeros estudios del uso de la tecnología en la afasia se centraban en si los pacientes afásicos serían capaces de utilizar ordenadores en el tratamiento. Katz y Wertz (1992) informaban que sus cinco sujetos afásicos crónicos aprendían a introducir el disco de tratamiento, encender el ordenador, y utilizar el teclado para seleccionar opciones a partir de menús y correr el software de tratamiento escrito especialmente para ellos, sin embargo para algunos de los sujetos el ordenador generaba caracteres difíciles de leer en una pantalla monocroma. Mills (1982) describía un paciente afásico utilizando exitosamente un joystick en una tarea de comprensión auditiva que ofrecía hasta cuatro elecciones, una en cada esquina de la pantalla. Davis y Copeland (2006) llevo a cabo las comprobaciones más extensas de compatibilidad entre los sujetos afásicos y el equipamiento del ordenador. Comprobó cinco mecanismos diferentes de entrada (ratón, joystick, trackball, tablero de conceptos, pantalla táctil) con nueve afásicos y tres sujetos de control adultos en tareas que simulaban ocho formatos de ejercicios comunes (eligiendo a partir de un menú) y encontró que el trackball era mejor en la tasa de éxito y preferencia del paciente. El autor concluyó que el trackball era preferido por los sujetos por encima del ratón y el joystick porque les permitía dividir el punto y el procedimiento de click en dos componentes distintos.

En el marco del estudio de la generación de nuevas formas de comunicación por parte de los pacientes con afasia, se desarrollaron diversas técnicas de comunicación, denominadas como sistemas de Comunicación Aumentativa y Alternativa. Los Sistemas de Comunicación Aumentativa y Alternativa (CAA), como se describe en el apéndice A.4, son instrumentos de intervención destinado a personas con necesidades de comunicación compleja, y cuyo objetivo es la enseñanza, mediante procedimientos específicos de instrucción, de un conjunto estructurado de códigos no vocales (Antonín, 2003). Estos códigos no vocales, presentados en el apéndice A.4, permiten funciones de representación y sirven para llevar a cabo actos de comunicación (funcionales, espontáneos y generalizables) ya sea por sí solos, en conjunción con códigos vocales, como apoyo parcial a los mismos, o en conjunto con otros códigos no vocales.

Existen diversos software que tienen como propósito la implementación de sistemas de CAA. Un resumen de estos software con sus principales características se pueden observar en la tabla 3.1. Los aspectos que se tuvieron en cuenta para el análisis de dichos software es (Antonín, 2003):

- **Celdas con símbolos y textos:** En el software presentado para concepto utilizan un símbolo y un texto representativo.

- **Celdas con sólo texto:** Utilizan solo texto para describir el concepto.
- **Celdas con sólo símbolos:** Utilizan solo símbolos para describir el concepto.
- **Módulo de aprendizaje:** El paciente puede tener un módulo de entrenamiento previo para el uso del software.
- **Módulo de comunicación:** El paciente posee un módulo de comunicación donde puede expresar algunas ideas.
- **Uso de síntesis de voz:** Utiliza mensajes sonoros para identificar los conceptos y expresar las frases deseadas.
- **Multimodalidad:** Posee múltiples formas de acceso al sistema.
- **Gestión de usuarios:** Posee la capacidad de gestionar múltiples usuarios.
- **Sistema de recomendación:** Utiliza un sistema de recomendación para agilizar los procesos de comunicación.

3.2. Interacción Humano Computador

El concepto de Interacción Humano Computador (HCI por sus siglas en inglés), definido en el apéndice B.1, surge de forma intrínseca con el nacimiento de las computadoras, fundamentado en la idea que para que una máquina capaz de llevar a cabo tareas complejas sea útil tiene que estar capacitada para ser gestionada y manipulada por el ser humano (Abascal y Moriyón, 2002).

Sin embargo, a pesar que los computadores desde su creación a la actualidad han evolucionado, en la mayoría de aplicaciones que se pueden encontrar en la actualidad la interacción entre el humano y la computadora se realiza generalmente por medio de dispositivos simples, como lo son el teclado o el ratón (Sharp, Rogers y Preece, 2002).

El concepto de HCI es muy amplio y abarca gran cantidad de disciplinas. Explicar de manera adecuada el estado del arte de la HCI es por ello una tarea compleja y extensa. Aquí se pretende realizar un esbozo general de los esfuerzos realizados hasta el momento en este campo.

Las tecnologías HCI existentes se pueden categorizar básicamente por el sentido relativo para el que el dispositivo está diseñado pero también a través de su configuración. De hecho, cualquier sistema se puede definir generalmente por el número y

Tabla 3.1: Comparación de diversos Software que utilizan sistemas de Comunicación Aumentativa y Alternativa

[illegible]

la diversidad de entradas y salidas que proporciona. En la terminología empleada en los sistemas HCI, cada uno de los canales de comunicación que permite a los usuarios interactuar con el computador recibe el nombre de modalidad. Así, se habla de sistemas unimodales cuando éstos están basados en una única modalidad mientras que se utiliza el término multimodal para designar a los sistemas que utilizan la combinación de múltiples modalidades (Sharp et al., 2002).

3.2.1. Sistemas de HCI Unimodales

Como se mencionó anteriormente, los sistemas de HCI se clasifican generalmente en el número y diversidad de las entradas y salidas, las cuales son los canales de comunicación que permiten a los usuarios interactuar con el computador. En los sistemas unimodales existe una clasificación según la naturaleza del canal en 3 categorías: Basados en Visión, Basados en Audio, Basados en Sensores.

La interacción humano computador basado en visión, es probablemente el área más extendida en la investigación en HCI (Sharp et al., 2002). Teniendo en cuenta la extensión de la aplicación y la variación de problemas abiertos y aproximaciones, los investigadores tratan diferentes aspectos del comportamiento humano que pueden ser reconocidos como una señal visual. Las principales investigaciones en este tipo de interacción se realiza en *Análisis de Expresiones Faciales*, *Seguimiento del movimiento del Cuerpo Humano*, *Reconocimiento de Gestos*, *Detección de la Mirada* y *Reconocimiento de Objetos*.

La interacción basada en audio entre el humano y el computador es otra área importante de los sistemas de HCI. Esta área trabaja con información adquirida por diferentes señales de audio. Mientras que la naturaleza de las señales de audio pueden no ser tan variadas como los señales visuales, la información que se puede obtener de las señales de audio puede ser mas confiable, útil y en algunos casos la única fuente de información. La investigación en esta modalidad se desarrolla en *Reconocimiento del Habla*, *Reconocimiento del locutor*, *Análisis auditivo de las Emociones*, *Sonidos realizados por el Humano* e *Interacción Musical* (Sharp et al., 2002).

La interacción basada en sensores, puede ser entendida como una variedad de áreas con un gran rango de aplicaciones. Comúnmente estas áreas por lo menos involucran el uso de un sensor físico para proveer la interacción entre el humano y el computador. Estos sensores pueden ser muy primitivos o muy sofisticados, entre los que encontramos la interacción basada en *lapices*, *teclado*, *ratón*, *sensores hápticos*, *sensores de presión* y *sensores de olores o gusto* (Sharp et al., 2002).

3.2.2. Sistemas de HCI Multimodales

El termino multimodal se refiere a la combinación de múltiples modalidades, en los sistemas multimodales de interacción humano computador, estas modalidades se refieren casi siempre a las formas en que el sistema responde a las entradas como canales de comunicación. La definición de estos canales de comunicación son inherentes a los tipos de comunicación humana, los cuales se dan básicamente por los sentidos de la vista, audición, tacto, olfato y gusto. La posibilidad de la interacción con una máquina incluye estos tipos pero no esta únicamente limitados a los mismos (Sharp et al., 2002).

De esta manera, un sistema multimodal actúa como un facilitador del HCI por medio de dos o mas modos de entrada que van más allá del tradicional teclado y ratón, que pueden ser elegidos por los usuarios según sus necesidades. El número exacto de modos de entradas soportadas, sus tipos y la forma en que todas trabajan en conjunto pueden variar ampliamente de un sistema multimodal a otro. Las interfaces multimodales incorporan diferentes combinaciones de habla, gestos, miradas, expresiones faciales y otras formas no convencionales de entrada. Una de las combinaciones comunes implementadas como métodos de entrada son los gestos y el habla (Sharp et al., 2002). Dichas combinaciones forman un modelo de interacción y de comunicación que posee cuatro estados diferentes (ver apéndice B.1.1).

Aunque un sistema ideal multimodal de HCI debería contener una combinación de modalidades únicas que interactúan de forma relacionada, los límites prácticos y los problemas abiertos de cada modalidad se oponen para la fusión de diferentes modalidades. A pesar de todo el progreso hecho en sistemas de HCI multimodales, en la mayoría de los sistemas existentes, las modalidades aún son tratadas separadamente y solo al final, los resultados de las diferentes modalidades son combinadas entre si.

Un aspecto interesante de la multimodalidad es la colaboración de diferentes modalidades para asistir el reconocimiento. Por ejemplo, el seguimiento del movimiento de labios (basado en visión) puede ayudar en métodos de reconocimiento de voz (basado en audio) y este método a su vez puede ayudar en los comandos de adquisición en reconocimiento de gestos (basado en visión) (Sharp et al., 2002).

3.2.3. Aplicaciones

Un ejemplo clásico de un sistema multimodal es *Put That There*, utilizado para mover un objeto a una nueva localización en un mapa en la pantalla, diciendo las palabras “put that there” mientras que apunta un objeto y luego se apunta el destino deseado. Los sistemas multimodales han sido utilizados en un gran número de aplicaciones incluyendo simulaciones basadas en mapas, la aplicación Put That There

anteriormente nombrada, los kioscos de información y los sistemas de autenticación biométricos (Sharp et al., 2002).

Los sistemas multimodales pueden ofrecer un número de ventajas sobre interfaces tradicionales, por un lado, pueden ofrecer una experiencia más natural y amigable al usuario. Por ejemplo, el sistema inmobiliario *Real Hunter*, en el cual se apunta con un dedo a un inmueble de interés y se realizan consultas por medio de la voz. Utilizando los gestos de señalar para seleccionar un objeto y el habla para realizar consultas del mismo, muestra el tipo de experiencias naturales que puede ofrecer a los usuarios la interacción multimodal.

Otra de las aplicaciones de sistemas multimodales es tratar y ayudar a personas con discapacidades, las cuales necesitan otro tipo de interfaces de interacción del que utilizan la gente común. En dichos sistemas, los usuarios con discapacidades pueden realizar trabajos en el computador, interactuando con él, por ejemplo con la voz y movimientos de cabeza (Sharp et al., 2002).

3.2.4. HCI y Discapacidad

Motivados, en muchos casos, por dar solución a las necesidades concretas de algún amigo o familiar, las prácticas de HCI, enfocadas a personas discapacitadas fueron diseñadas inicialmente a partir de adaptaciones “artesanales” de sorprendente calidad y utilidad. Sin embargo, la rápida evolución de la informática hizo que los dispositivos y programas desarrollados quedaran obsoletos en poco tiempo, haciendo que las personas en situación de discapacidad utilizaran ordenadores “prehistóricos” hasta que resultaban absolutamente no operativos (Sebe, Lewa y Huang, 2006).

Por lo general, ocurría que las adaptaciones anteriormente llamadas “artesanales” eran difícilmente adaptables a los nuevos dispositivos y programas, frecuentemente debido a las diferencias en el hardware o del sistema operativo. Por otro lado, estos diseños solían ser difíciles de adaptar a personas con las mismas necesidades pero con diferentes características físicas. De esta manera, la necesidad de realizar adaptaciones personalizadas y de corta duración hacían el proceso muy costoso.

Cuando las técnicas de HCI se fueron divulgando, muchos desarrolladores descubrieron herramientas que permitían crear sistemas de interacción independientes de la aplicación y personalizables a relativamente bajo costo. Aplicando estas técnicas los diseñadores de sistemas de interacción para personas con discapacidad se plantearon el desarrollo de interfaces más adecuadas a las necesidades de estos usuarios, de más duración (al no depender tanto del sistema concreto del que se dispone) y más baratas (al poder ser adaptadas a un grupo de usuarios más amplio) (Sebe et

al., 2006).

Sin embargo, es necesario reconocer que los rápidos avances en HCI no siempre han sido beneficiosos para las personas con discapacidad. Un ejemplo clásico es el efecto negativo de las interfaces gráficas de usuarios (GUI por sus siglas en inglés) que tuvo sobre la accesibilidad al ordenador por parte de los usuarios ciegos, que hasta ese momento podían utilizar con soltura las interfaces de texto redirigiendo la salida a una línea braille o a un sintetizador de voz (Abascal y Moriyón, 2002).

Por su parte, la Tecnología de Asistencia (Assistive Technology en inglés) ha tenido gran influencia en el HCI. Muchos de los dispositivos de interacción no estándares que hoy en día son utilizados por un público más amplio fueron inicialmente concebidos para ser usados por las personas con discapacidad. Los sistemas de control de entrono inalámbricos, usualmente mediante rayos infrarrojos, el control del ratón mediante el seguimiento de la pupila, o a través de la captación de algún tipo de señal eléctrica cerebral son algunos ejemplos de interfaces pensadas originalmente para las personas con discapacidad (Sebe et al., 2006).

Aunque se han conseguido avances prometedores, muchas de las tecnologías mencionadas están aún lejos de ofrecer soluciones útiles a las personas con discapacidad (Sebe et al., 2006). Por ejemplo, el reconocimiento de voz disártrica es todavía utópico, la traducción automática de lenguaje de signos no es aún posible y la comunicación directa cerebro ordenador se limita actualmente al movimiento del cursor del ratón por la pantalla, muy lejos de la comunicación verbal que prometía la ciencia ficción.

3.3. Accesibilidad y Usabilidad

La accesibilidad describe el grado en que un producto, dispositivo, servicio o ambiente es disponible a la mayor cantidad de personas posible, puede ser visto como la habilidad de acceder y beneficiarse de algún sistema o entidad. La accesibilidad no esta solo orientada para personas con discapacidades, sino debe estar enfocada a toda la población posible, dentro del estudio de accesibilidad esta fuertemente relacionado el acceso universal que incluye el acceso directo (Barja Pérez, 2008).

La accesibilidad tiene un componente técnico y otro componente de interfaz de usuario. La accesibilidad de la interfaz de usuario puede plantearse desde la usabilidad. La Organización Internacional de Normalización define la usabilidad como la medida en la cual un producto puede ser usado por determinados usuarios para conseguir objetivos específicos con efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico (for Standardization, International Organization for Standardization).

Technical Committee ISO/TC 159 y Requirements, 1999). La accesibilidad considera a las personas con discapacidad como los usuarios específicos y una amplia variedad de situaciones (incluyendo la utilización de tecnologías de apoyo) como el contexto de uso específico (Morales, 2001).

Es decir, la usabilidad significa diseñar una interfaz de usuario que sea efectiva, eficiente y satisfactoria. La accesibilidad garantiza que la interfaz de usuario se diseñe de tal forma que sea efectiva, eficiente y satisfactoria para más personas (especialmente para personas con discapacidad) y en más tipos de situaciones (incluyendo la utilización de tecnologías de apoyo) (Morales, 2001).

La usabilidad es una cualidad demasiado abstracta para ser medida directamente, es por esto que Nielsen (1993) la descompone en cinco atributos:

- **Facilidad de Aprendizaje:** Este atributo hace referencia a cuán fácil es aprender la funcionalidad básica del sistema, como para ser capaz de realizar correctamente la tarea que desea realizar el usuario. Se mide normalmente por el tiempo empleado con el sistema hasta ser capaz de realizar ciertas tareas en menos de un tiempo determinado.
- **Eficiencia:** El número de transacciones por unidad de tiempo que el usuario puede realizar usando el sistema. Lo que se busca es la máxima velocidad de realización de tareas del usuario.
- **Recuerdo en el tiempo:** Para usuarios intermitentes es vital ser capaces de usar el sistema sin tener que aprender cómo funciona partiendo de cero cada vez. Este atributo refleja el recuerdo acerca de cómo funciona el sistema que mantiene el usuario, cuando vuelve a utilizarlos tras un periodo de no utilización.
- **Tasa de errores:** Este atributo contribuye de forma negativa a la usabilidad de un sistema. Se refiere al número de errores cometidos por el usuario mientras realiza una determinada tarea. Un buen nivel de usabilidad implica una tasa de errores baja.
- **Satisfacción:** Este es el atributo más subjetivo y mas difícil de medir, muestra la impresión subjetiva que el usuario obtiene del sistema.

Estos cinco atributos pueden descomponerse a su vez para conseguir una mayor precisión en los aspectos de usabilidad en los que se quiere poner mayor énfasis. Por ejemplo, rendimiento en uso normal y uso de opciones avanzadas son ambos subatributos de eficiencia, mientras que la primera impresión es un subatributo de satisfacción.

Teniendo en cuenta los atributos anteriores en el proceso de desarrollo de software se aplica la Ingeniería de Usabilidad, la cual tiene como objetivo la obtención de un sistema que hace al usuario más productivo, aumentando su eficiencia y satisfacción al utilizarlo. La ingeniería de usabilidad es un tema crítico para la aceptación de un sistema: Si el sistema no es percibido como una herramienta que ayuda al usuario a realizar sus tareas, se dificulta la aceptación del sistema. Puede ocurrir que el sistema no llegue a usarse en absoluto, o que se use con escasa eficiencia (Ferré, 2005).

El objetivo de incorporar la accesibilidad al diseño centrado en el usuario es seguir un proceso de creación de productos (dispositivos, entornos, sistemas y procesos) que sean usables para personas cuyas capacidades estén dentro del segmento más amplio posible y que se encuentren en situaciones (entornos, condiciones y circunstancias) dentro del espectro más amplio posible.

3.4. Interfaces de Usuario

Una interfaz es un puente claro e intuitivo para el usuario, que le permite interactuar con un sistema. Existen tres tipos de interfaces: de Hardware, que permiten la interacción física con el sistema; de Software, que son las que entregan la información necesaria al usuario para que interactue con el sistema; y de Software-Hardware, que son las que permiten la interacción entre el Software de Máquina y su Hardware (Abascal y Moriyón, 2002).

Las interfaces de usuario representan una de las partes más importantes y determinantes del desarrollo de cualquier sistema. La interfaz de usuario es la presentación de la aplicación ante los usuarios, que interactúan con ella; en la cuál se dirige al usuario en la recogida de datos para que éstos sean procesados y, al mismo tiempo, permite la visualización del procesamiento de estos datos, convirtiéndolos en información útil para la toma de decisiones (Abascal y Moriyón, 2002).

El diseño de interfaces de usuario de calidad se preocupa por el logro de una interacción adecuada entre el usuario y el ordenador, asegurando de esta manera que el usuario pueda realizar las tareas de una manera efectiva, eficiente y satisfactoria.

Durante las últimas dos décadas se han realizado muchos avances en el desarrollo de las interfaces de usuario. Éstas han pasado de ser muy complejas como en el caso de las interfaces de líneas de comando, que tenían la problemática de la memorización comandos y la curva de aprendizaje que esta memorización imponía a usuarios novatos, a las interfaces gráficas de usuario (GUI), que facilitan la interacción por el uso del ratón y menús desplegables (Abascal y Moriyón, 2002).

Recientemente, la interacción puede presentarse de muchas otras formas, por ejemplo a través de interfaces de usuario táctiles, gráficas, textuales, etc. Las interfaces que comúnmente se utilizan según Abascal y Moriyón (2002) son: Interfaces de Texto, interfaces Gráficas de Usuario, interfaces Táctiles e interfaces de usuario por Voz.

El diseño de interfaces, como se explica en el apéndice C, es un área importante para el desarrollo de aplicaciones accesibles y usables. Dentro del área de diseño de interfaces se tratan dos temas importantes: el diseño de las interfaces de usuario, se encarga del estudio de todos los elementos hardware y software de una computadora que presentan información al usuario y le permiten interactuar con el computador; el diseño de las interfaces gráficas de usuario, se encarga de todos los principios y reglas para el conjunto de imágenes y objetos gráficos utilizados para la representación de la información.

En cuanto a los principios de diseño de interfaces de usuario, algunos autores como Tidwell (2010), Shneiderman, Plaisant, Cuadrado y Molina (2005) y Sommerville y Galipienso (2005) definen tres reglas principales para el diseño de la interfaz de usuario: dar el control al usuario, reducir la carga de memoria del usuario y construir una interfaz consecuente (ver apéndice C). Referente al diseño de interfaces gráficas de usuario, existen tres principios fundamentales relacionados en el uso del lenguaje visible y por lo tanto con el diseño de las GUI: Organizar, proveer al usuario de una estructura conceptual clara y consistente, economizar, hacer lo máximo con la menor cantidad de elementos y comunicar, ajustar la presentación a las capacidades del usuario (Martin, 1998) (ver apéndice C).

3.5. Reconocimiento de Imágenes

La visión por computador es la ciencia y tecnología que busca dotar a los computadores del sentido de la vista en lo que respecta a extraer información de una imagen, para poder resolver una tarea específica. Tiene como principales objetivos la detección, segmentación, localización y reconocimiento de ciertos objetos en imágenes; el seguimiento de ciertas porciones de una imagen o un objeto a lo largo de una secuencia y la reconstrucción de una escena en un modelo interno (van de Sande, Gevers y Snoek, 2010).

El clásico problema de visión por computador y procesamiento de imágenes es averiguar si cierta imagen o video contiene un objeto específico o una característica especial. Los métodos existentes han sido desarrollados para objetos específicos, como formas geométricas simples, rostros humanos y escritura en condiciones específicas como: iluminación definida, en una posición predeterminada o para un fondo

específico.

La visión por computador actualmente comprende tanto la obtención como la caracterización e interpretación de las imágenes. Para ello se utilizan algoritmos de diversos tipos y complejidades, los cuales generalmente se pueden distinguir en seis etapas: captación, preprocesamiento, segmentación, descripción, reconocimiento e interpretación (van de Sande et al., 2010).

Teniendo en cuenta las diferentes etapas, los procesos en cada etapa pueden estar diferenciados en 3 niveles principalmente: *Bajo nivel*, el cual comprende la captación y el preprocesamiento, donde se ejecutan típicamente algoritmos de filtrado, restauración de la imagen extracción entre otros. El nivel de visión *intermedio* comprende la segmentación, descripción y reconocimiento, con algoritmos típicamente de extracción de características, reconocimiento de forma y etiquetado de éstas. Finalmente la visión de *alto nivel* comprende la fase de interpretación donde los algoritmos que se utilizan se refieren principalmente a la interpretación de los datos (van de Sande et al., 2010).

Específicamente en el área de reconocimiento de objetos en imágenes, en la fase de descripción para el reconocimiento existen diferentes técnicas en la actualidad entre las que se encuentran (van de Sande et al., 2010):

- Histograma de Color
- Correlación Cruzada
- Color Layout Descriptor (CLD)
- Correlograma
- Scale Invariant Feature Transform (SIFT)
- Speeded-Up Robust Features (SURF)

Dentro de los descriptores de imágenes, SURF es un algoritmo rápido y robusto para la representación invariante, y comparación de imágenes. Este algoritmo selecciona los puntos de interés de una imagen a partir de las características más destacadas en una escala lineal espacial, y después construye las características locales basadas en la distribución del gradiente de la imagen (Bay, Ess, Tuytelaars y Gool, 2008). El interés principal del enfoque SURF se encuentre en el cálculo rápido de los operadores diferenciales aproximados en la representación escala-espacio, basados en la representación de la imagen integral y los filtros de caja, permitiendo de tal manera aplicaciones en tiempo real como el seguimiento y el reconocimiento de objetos, una explicación detallada del algoritmo se encuentra en el apéndice D.1.

3.6. Minería de datos para sistemas de recomendación

La minería de datos ha dado lugar a una paulatina sustitución del análisis de datos dirigido a la verificación por un enfoque de análisis de datos encaminado al descubrimiento del conocimiento. La principal diferencia entre ambos se encuentra en que en el último se descubre información sin necesidad de formular previamente una hipótesis. La aplicación automatizada de algoritmos de minería de datos permite detectar fácilmente patrones en los datos, razón por la cual esta técnica es mucho más eficiente que el análisis dirigido a la verificación cuando se intenta explorar datos procedentes de repositorios de gran tamaño y complejidad elevada. Dichas técnicas emergentes se encuentran en continua evolución como resultado de la colaboración entre campos de investigación tales como bases de datos, reconocimiento de patrones, inteligencia artificial, sistemas expertos, estadística, visualización, recuperación de información, y computación de altas prestaciones.

Los algoritmos de minería de datos se clasifican en dos grandes categorías: supervisados o predictivos y no supervisados o de descubrimiento del conocimiento (Weiss y Indurkha, 1998).

Los algoritmos *supervisados o productivos* predicen el valor de un atributo (etiqueta) de un conjunto de datos, conocidos otros atributos (atributos descriptivos). A partir de datos cuya etiqueta se conoce se induce una relación entre dicha etiqueta y otra serie de atributos. Esas relaciones sirven para realizar la predicción en datos cuya etiqueta es desconocida. Esta forma de trabajar se conoce como *aprendizaje supervisado* y se desarrolla en dos fases: Entrenamiento (construcción de un modelo usando un subconjunto de datos con etiqueta conocida) y prueba (prueba del modelo sobre el resto de los datos).

Cuando una aplicación no es lo suficientemente madura no tiene el potencial necesario para una solución predictiva, en ese caso hay que recurrir a los métodos *no supervisados o de descubrimiento del conocimiento* que descubren patrones y tendencias en los datos actuales (no utilizan datos históricos). El descubrimiento de esa información sirve para llevar a cabo acciones y obtener un beneficio (científico o de negocio) de ellas. En la tabla 3.2 se muestran algunas de las técnicas de minería de ambas categorías (Cabena, Hadjinian, Stadler, Verhees y Zanasi, 1998).

Un árbol de decisión es una forma gráfica y analítica de representar todos los eventos (sucesos) que pueden surgir a partir de una decisión asumida en cierto momento. Los árboles de decisiones sirven para representar y categorizar una serie de condiciones que ocurren de forma sucesiva, para la resolución de un problema. Ellos

Tabla 3.2: Técnicas de minería de datos que son utilizadas frecuentemente

Supervisados	No Supervisados
Árboles de decisión	Detección de desviaciones
Inducción neuronal	Segmentación
Regresión	Agrupamiento
Series temporales	Reglas de asociación
	Patrones secuenciales

proveen una visión gráfica de la toma de decisión necesaria, especifican las variables que son evaluadas, qué acciones deben ser tomadas y el orden en la cual la toma de decisión será efectuada. Cada vez que se ejecuta un árbol de decisión, solo un camino será seguido dependiendo del valor actual de la variable evaluada.

3.7. Colombia en el ámbito de Tecnología y Discapacidad

Del total de las personas con algún tipo de discapacidad en Colombia, el 43,9 % tiene discapacidad física, el 43,4 % visual y el 17,3 % auditiva. El 13 % tiene problemas para hablar, el 11,7 % para entender últimos aprender y el 9,4 % presenta una discapacidad para relacionarse con los demás, por problemas mentales o emocionales (Acosta Ramírez et al., 2008).

De acuerdo con la Constitución Política de 1991, toda persona nace libre e igual ante la ley y goza de los mismos derechos, libertades y oportunidades. No obstante, más de tres millones de personas con discapacidad en el país se enfrentan diariamente a múltiples barreras físicas, urbanas, arquitectónicas, comunicativas y sociales que les impiden acceder a servicios y oportunidades básicas, y a estar incluidas verdaderamente en la sociedad.

La comunicación y el acceso a la información en un ser humano dependen de sus ventanas de percepción. Las ayudas tecnológicas en su desarrollo, apuntan día a día a problemas específicos. Se enmarcan según la necesidad que suplen y el tipo de discapacidad a la cual sirven.

Los centros de producción en acceso a tecnología se encuentran en países Europeos y en Norteamérica y desafortunadamente la gran mayoría de estas tecnologías aún no son conocidas en nuestro país (Ríos Rincón, Laserna Gutiérrez, Melo Oliveira, Vargas y Ramirez, 2007). Sin embargo, proyectos de Investigación y Desarrollo

(I+D) abren la posibilidad de producir esta tecnología en el ámbito local y a su vez estimular el desarrollo de nuevas ideas. Es el caso del sistema de comunicación DIGITO para personas sordo-ciegas cuya optimización ya se ha desarrollado en Colombia (Ríos Rincón et al., 2007).

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC) en los últimos años ha diseñado programas especiales para la población colombiana en situación de discapacidad, a través del programa *Conectando Sentidos* (Guerra, 2010), ha dispuesto aulas tecnológicas para que las personas con algún tipo de discapacidad puedan hacer usos de las nuevas herramientas tecnológicas. Igualmente se han desarrollado programas que apoyan la investigación y desarrollo en esta área, como el proyecto realizado en el 2008 donde apoyaban económicamente a proyectos que involucraran beneficios en la educación de personas con discapacidad (Guerra, 2010).

Capítulo 4

Técnicas de Interacción

RESUMEN: El modelo de interacción propuesto a continuación, se basa en diversas entrevistas con la fonoaudióloga Soraya Colina, los resultados obtenidos en el Proyecto de Iniciación Científica PIC 910 (Sastoque y Iregui, 2011) y el artículo presentado en el Workshop de Trabajos de Iniciación Científica (WTIC) en Webmedia 2012 (Sastoque, Colina y Iregui, 2012). Dicho modelo utiliza diversos dispositivos de bajo costo que gracias a una disposición especial permiten crear una interacción multimodal, presentando 3 técnicas de interacción diferentes: Detección y Reconocimiento de Imágenes, Selección de comandos con un lápiz emisor de rayos infrarrojos (IRPen) y manipulación de un “trackball”.

4.1. Dispositivos y su organización

Los dispositivos utilizados por el modelo de interacción son de bajo costo y fácil acceso en el mercado, estos son:

- Cámara Web.
- IRPen.
- Wiimote.
- Mini proyector.
- Trackball.
- Parlantes.
- Computador.

Figura 4.1: Disposición de los dispositivos tecnológicos para el modelo de interacción propuesto



El montaje necesario para el correcto funcionamiento del modelo de interacción propuesto se puede observar en la figura 4.1.

4.2. Detección y reconocimiento de imágenes

El uso de imágenes en los procesos de comunicación del ser humano es fundamental, ya que en la mayoría de los casos una palabra puede ser asociada de manera fácil con un concepto en concreto, de tal manera que un individuo se pueda expresar de manera sencilla, sin la necesidad de conocer como escribir o decir lo que quiere comunicar (Basil et al., 2004).

Para el proceso de interacción de esta técnica se utilizo el sistema de Símbolos Pictográficos para la Comunicación (SPC), ya que este representa de una forma bastante clara las palabras y conceptos más habituales en la comunicación cotidiana y utiliza una categorización por medio de colores y símbolos pictográficos, en la que dichos símbolos establecen una relación perceptual entre el significado y el significante de un concepto.

Esta técnica utiliza un conjunto de 60 pictogramas (ver Figura 4.2), basados en el sistema SPC. Se diseñaron 10 fichas por cada una de las siguientes categorías:



Figura 4.2: Conjunto de pictogramas utilizados en la técnica de Detección y reconocimiento de Imágenes.

animales, comidas, partes del cuerpo, objetos, frutas y prendas de vestir. La categorización de las palabras y la elección de las mismas, se realizó a partir de la experiencia de un profesional en fonoaudiología en el proceso de rehabilitación de Afasia (Colina, 2011). Cada categoría consta de un conjunto de palabras, que representan un nivel de dificultad para su evocación, estos niveles son: palabras de una sílaba, de dos sílabas y de 3 o más sílabas. Las palabras utilizadas en cada categoría se eligieron de manera aleatoria dentro de un grupo de palabras tomadas del Test de Vocabulario de Boston (Kaplan, Goodglass, Weintraub y Segal, 1996), el Test de Boston para el diagnóstico de la Afasia (García-Albea, Pabón y Bernardos, 1996) y el sistema SPC diseñado inicialmente por Mayer (Mayer, 1981), traduciendo dichos conceptos al lenguaje utilizado en el contexto cultural de la población colombiana.

En esta interfaz de interacción, que se muestra en la figura 4.3, el sistema le pregunta al usuario por un concepto en específico y el usuario debe colocar en el área designada la ficha correspondiente al concepto preguntado. El sistema capta la imagen en tiempo real del área de trabajo designada y utiliza una técnica de detección de imágenes y reconocimiento de patrones para segmentar, analizar e interpretar la ficha que se está mostrando y así decidir si es la misma o no que se está preguntando.

El método de reconocimiento de patrones se puede observar en la figura 4.4 (ver

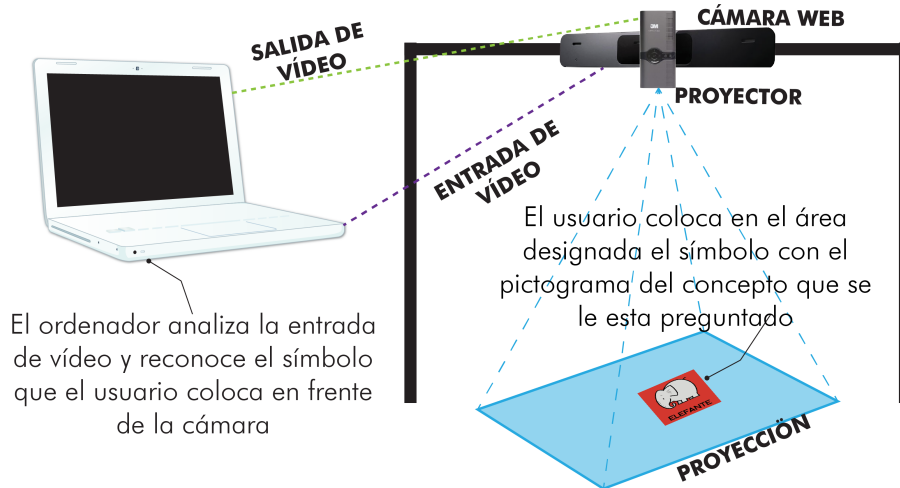


Figura 4.3: Técnica de interacción por medio de la detección y el reconocimiento de imágenes

anexo H). Inicia con el proceso de sensado el cual se realiza por medio de una cámara web, con la funcionalidad de detección de movimiento de tal manera que si existe algún movimiento, el método continua con el proceso de sensado y si no se procede al preprocesamiento de los datos. Estos datos son un flujo de vídeo captado tiempo real el cual es representado como una secuencia de imágenes por medio de la extracción de fotogramas (Sastoque, 2011).

El preprocesamiento es necesario para aislar los datos relevantes al reconocimiento de patrones, por esto cuando se extraen los fotogramas estos son analizados para detectar si existe o no un objeto diferente al fondo. Si existe dicho objeto este pasa a ser segmentado y si no existe se procede al proceso de sensado nuevamente.

El proceso continua con la extracción de características la cuál se realiza a partir de dos técnicas que permiten la descripción de imágenes: la primera de ellas es el color dominante que se presenta en la ficha y la segunda los descriptores obtenidos a partir de la técnica de Speeded Up Robust Features (SURF).

Luego la fase de clasificación se realiza primero obteniendo el conjunto de imágenes que posean un color dominante similar al extraído del pictograma que se desea reconocer de un banco de pictogramas y luego por medio de los descriptores SURF se utiliza la distancia mínima que se presenta en la cantidad de puntos relacionados entre el pictograma y las imágenes obtenidas del banco de características.

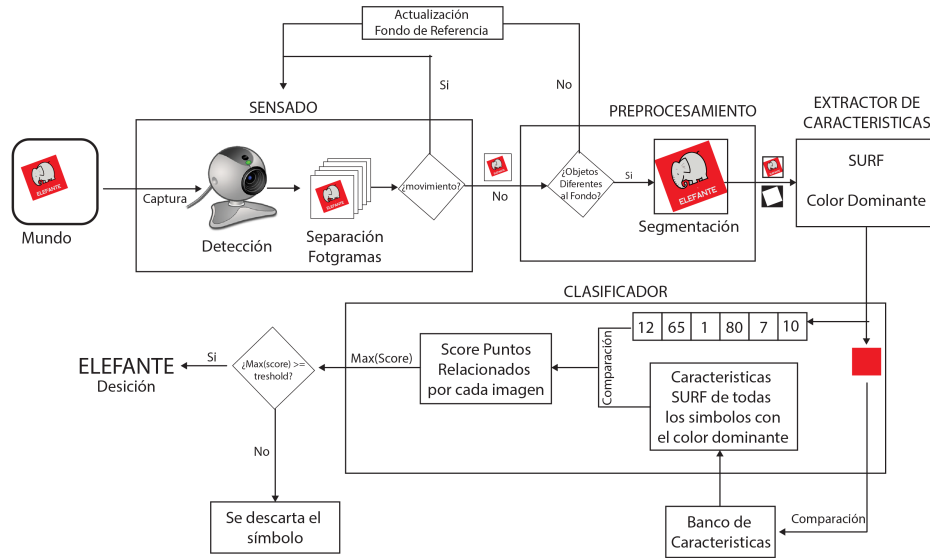


Figura 4.4: Método de reconocimiento de patrones utilizado en la interfaz de interacción de Detección y Reconocimiento de Imágenes

La decisión de clasificación es tomada a partir de la menor distancia en la cantidad de puntos que se obtiene de cada comparación, la cual si supera un número mínimo de puntos emparejados, clasifica el pictograma analizado como igual al que posea el la mayor cantidad de puntos relacionados. Si dicha distancia no supera el mínimo requerido de puntos, se dice que la ficha no pertenece al conjunto de fichas que se están utilizando.

4.3. Selección de comandos con el IRPen

El uso de lápices para los procesos de escritura se inicia generalmente desde muy temprana edad, su forma de utilización puede considerarse como un proceso mecánico, que se recuerda de manera sencilla, a pesar de la discapacidad que poseen las personas con afasia para la comunicación o la escritura (Basil et al., 2004). Por lo anterior, el sistema utiliza una interfaz de interacción por selección de comandos usando un lápiz infrarrojo (IRPen), como se muestra en la figura 4.5.

La interacción es llevada a cabo por medio de la selección directa sobre la proyección de la GUI sobre una superficie, utilizando el IRPen. El usuario debe pinchar con la punta del IRPen la opción que desee sobre la superficie.

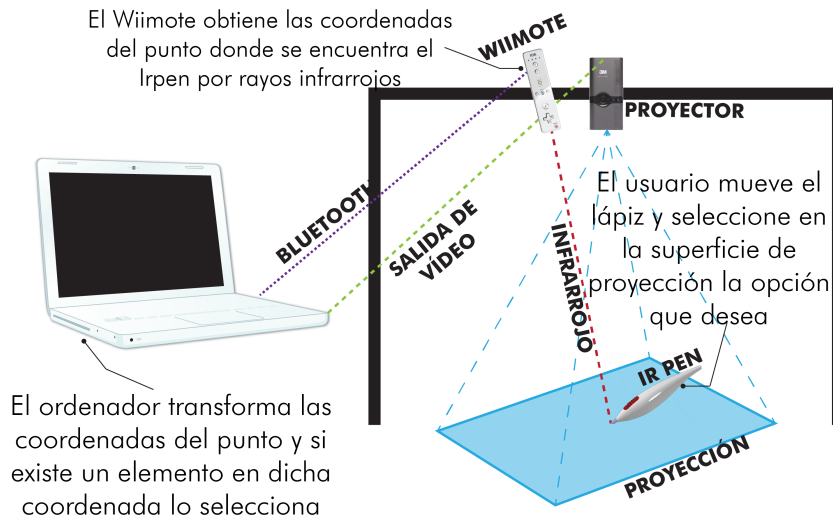


Figura 4.5: Técnica de interacción por medio del Wiimote y el IRPen.

Para esta interfaz de interacción, el Wiimote actúa como el receptor de la señal infrarroja y el IRPen como el emisor. De esta manera, primero se realiza una calibración del Wiimote sobre las cuatro esquinas de la proyección, para obtener las coordenadas del área de trabajo. Luego por medio de una conexión Bluetooth, el Wiimote se comunica con el computador para enviarle las coordenadas que recibe la luz infrarroja emitida por el IRPen. El computador realiza una transformación de coordenadas para interpretar las coordenadas emitidas por el Wiimote y así si existe algún elemento de la GUI con el que se pueda interactuar en dichas coordenadas, el sistema realiza la acción de dicho elemento.

4.4. Manipulación del Trackball

Se conocen como Tecnologías de Asistencia (TA) (Cook et al., 2008), a aquellos dispositivos, pieza de equipamiento o sistema de productos, adquiridos comercialmente, modificados o hechos a medida de cada individuo, que se utilizan para aumentar, mantener o mejorar las capacidades funcionales de individuos con discapacidad para su vida cotidiana o el acceso de servicios.

El trackball es un dispositivo de TA, que reemplaza el uso del ratón y ayuda al acceso del computador, sin la necesidad del desplazamiento del dispositivo en la superficie. En la mayoría de los casos, se puede utilizar con los dedos, la mano, el codo y los pies.

La técnica de interacción por medio del trackball, que se muestra en la figura

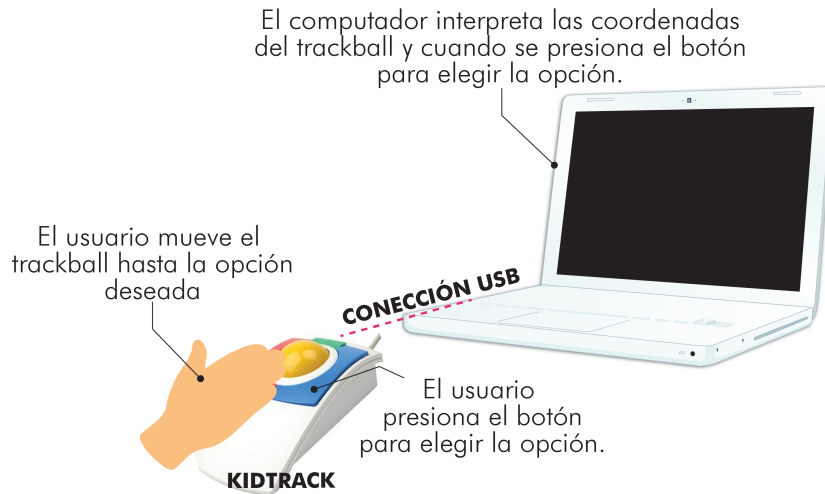


Figura 4.6: Técnica de interacción utilizando la manipulación del Trackball.

4.6, utiliza los movimientos de la bola para el control del puntero del ratón y los botones para la selección de una acción. Este modelo de interacción es similar al utilizado por el ratón, con la diferencia de que en el caso del trackball el dispositivo no se mueve, facilitando el control del puntero al no requerir de movimientos finos y precisos para su funcionamiento.

Capítulo 5

Sistema de Interacción Multimodal para Comunicación y Rehabilitación de la Afasia (SIMCRA)

RESUMEN: El SIMCRA es una herramienta tecnológica que utiliza un sistema de interacción multimodal y busca ayudar a los profesionales que tratan la Afasia, en los procesos de rehabilitación y Comunicación Alternativa y Aumentativa de los pacientes con dicha discapacidad. En esta sección se presentan los módulos del sistema, con la metodología utilizada para su desarrollo.

5.1. Introducción

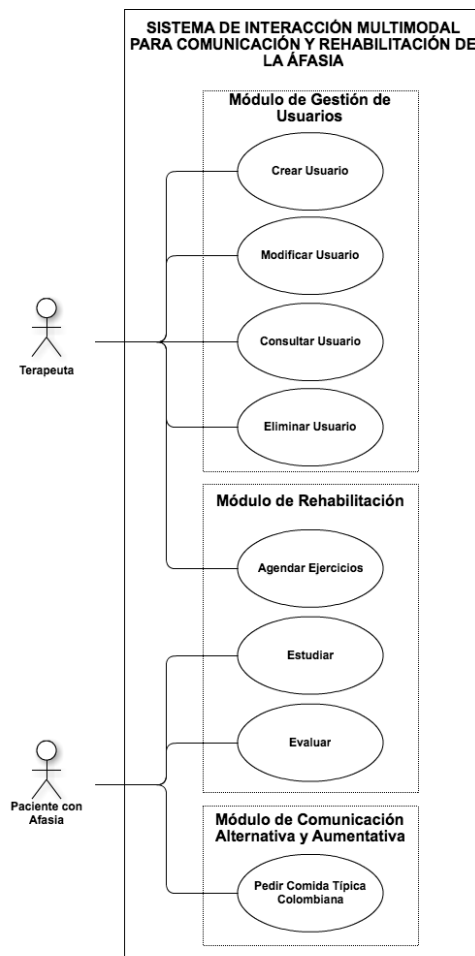
El Sistema de Interacción Multimodal para Comunicación y Rehabilitación de la Afasia (SIMCRA), es el prototipo del Sistema de Rehabilitación y Comunicación Alternativa y Aumentativa para personas con trastornos neurolingüísticos caracterizados por afasia. Este sistema cuenta con tres módulos principales:

1. **Módulo de Gestión de Pacientes:** Encargado de la creación y mantenimiento de perfiles de usuarios (pacientes) para el almacenamiento de información acerca de su progreso en los procesos terapéuticos y la personalización de preferencias para el módulo de comunicación.
2. **Módulo de Rehabilitación:** Encargado de brindar al paciente ejercicios para su rehabilitación, los cuales pueden ser estudiados y evaluados.
3. **Módulo de Comunicación:** Encargado de ayudar en los procesos de comunicación del paciente con afasia, por medio de un sistema de recomendación personalizado a las necesidades del usuario.

Además, el SIMCRA cuenta con dos módulos de apoyo que son el *Módulo de Interacción*, que utiliza las técnicas de interacción mencionadas en el capítulo 4 y el *Controlador* el cual se encarga de procesar las instrucciones de la interacción y de los módulos principales para transformarlo en elementos de la interfaz de usuario y la interfaz gráfica de usuario.

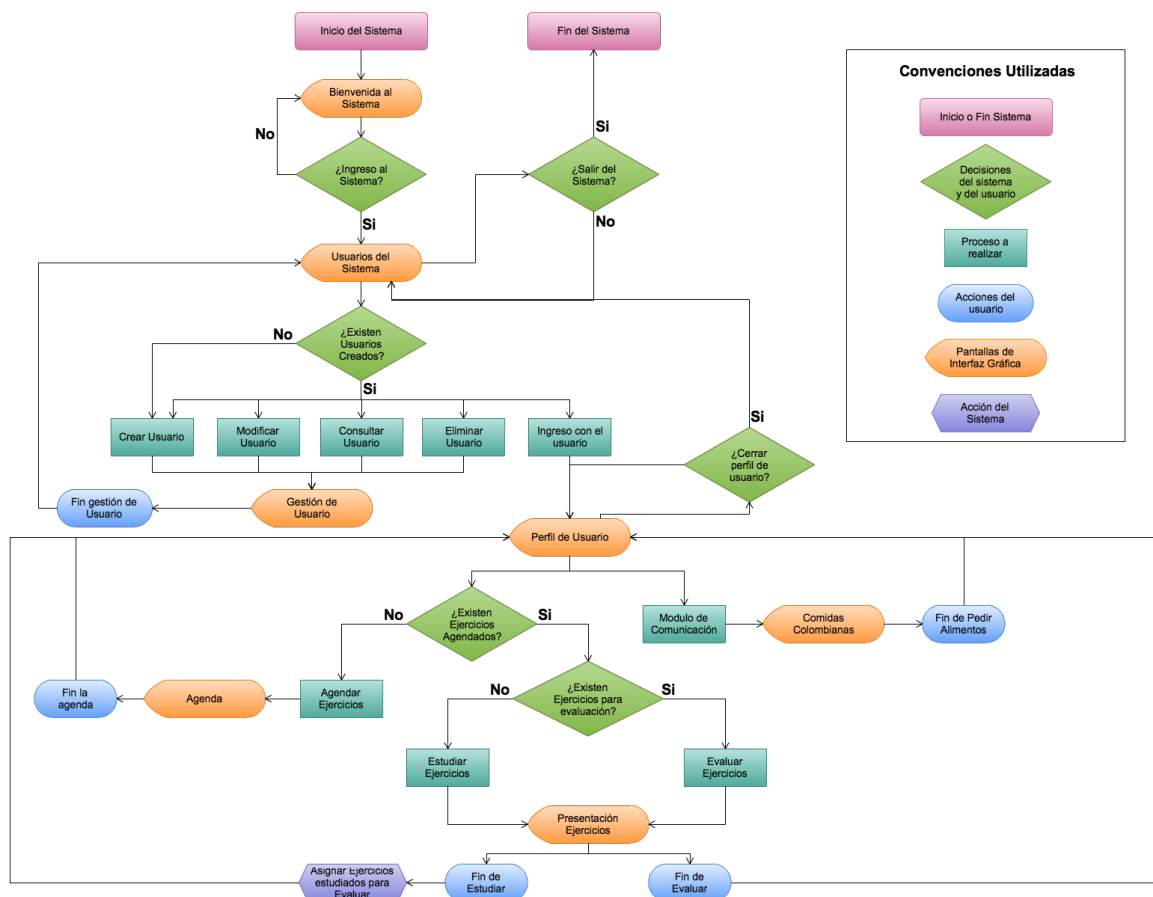
Para cada módulo del sistema se diseñaron y se implementaron ocho casos de uso, cuyo diagrama se puede observar en la figura 5.1 y su especificación se encuentra en el apéndice I. Los casos de uso corresponden al análisis de las necesidades de los pacientes con afasia y los estudios previos en los procesos de rehabilitación y CAA. Estos casos de uso son: Crear, Modificar, Consultar y Eliminar perfil para el módulo de gestión de pacientes; Estudiar, Agendar ejercicios y Evaluar para el módulo de Rehabilitación y pedir alimentos colombianos para el módulo de comunicación.

Figura 5.1: Diagrama de casos de uso del sistema.



De manera general, el flujo del sistema inicia cuando un terapeuta desea iniciar una sesión de terapia con un paciente. Si el paciente no existe en el sistema, el terapeuta debe crear un nuevo paciente; en caso contrario el terapeuta puede ingresar al sistema con el perfil del paciente además de tener la capacidad modificar, consultar o eliminar el perfil con el que esta trabajando. Luego de ingresar al sistema con el perfil del paciente, el terapeuta tiene la opción de agendar ejercicios, estudiar ejercicios agendados o evaluar ejercicios estudiado en el modulo de rehabilitación y de aplicar un modelo de CAA para pedir un menú de comidas típicas colombianas(ver figura 5.2).

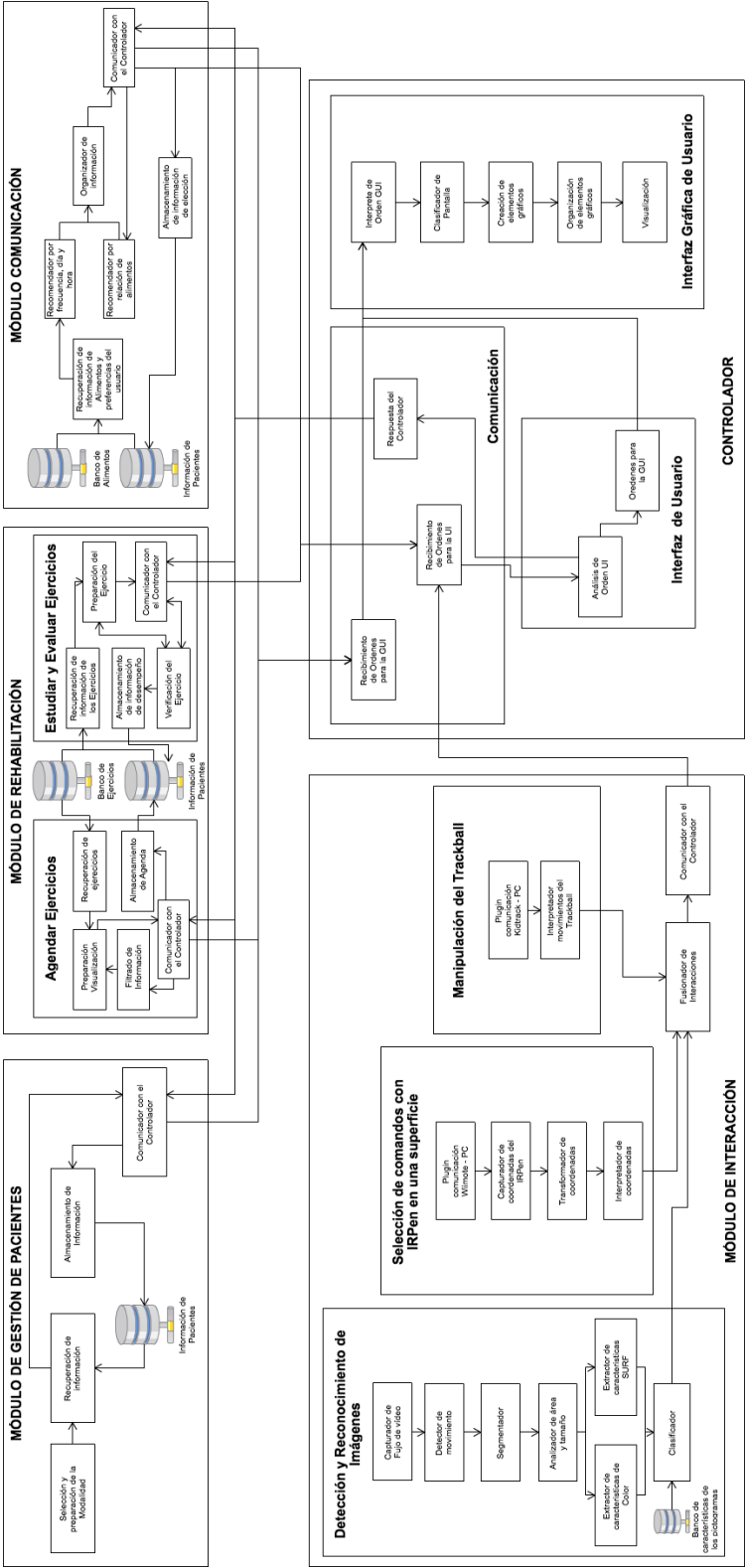
Figura 5.2: Flujo general del sistema.



En el diagrama de bloques de la figura 5.3, se puede observar un modelo funcional del sistema. Cada bloque representa los 3 módulos principales del sistema y los 2 módulos de apoyo. La comunicación entre módulos se da gracias a las funcionalidades de comunicación con el controlador, el cual es el encargado de interpretar las acciones requeridas por cada módulo y realizar las acciones necesarias tanto en la GUI como

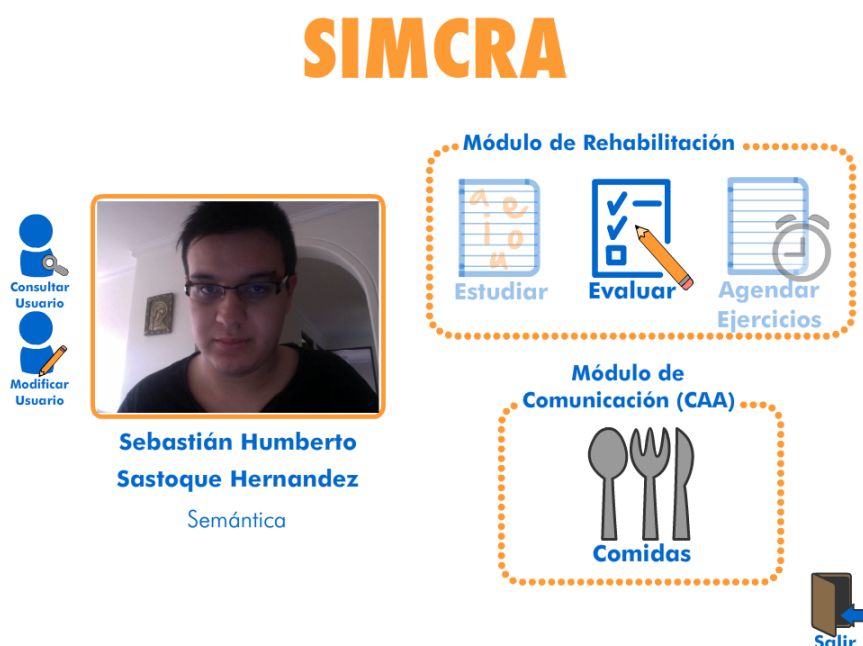
en la UI. Por ejemplo el modulo de rehabilitación necesita que se presente un ejercicio y se habiliten las opciones de respuesta del mismo; el controlador crea los elementos gráficos y las pantallas preestablecidas para mostrar el ejercicio en la GUI y ademas le indica a la UI que técnicas de interacción son válidas usar. Luego cuando el usuario selecciona la respuesta que cree correcta el controlador envia dicha respuesta el modulo de rehabilitación el cual la interpreta y se comunica de nuevo con el controlador para dar la retroalimentación necesario tanto visual como auditivamente.

Figura 5.3: Diagrama de bloques del sistema.



El diseño de la interfaz gráfica, tiene en cuenta los parámetros de accesibilidad y usabilidad, explicados en el capítulo 3.3 y los principios de diseño GUI que se presentan en el apéndice C.2. Los colores Blanco (Fondo), Azul (Textos) y Naranja (Delimitadores) fueron utilizados en el diseño de la GUI para ayudar a las personas con afasia a identificar fácilmente los elementos y generar alto contraste para facilitar el uso de la GUI en las técnicas de interacción propuestas (ver figura 5.4).

Figura 5.4: Pantalla de perfil de usuario para elegir el modulo a utilizar.



5.2. Módulo de Gestión de Pacientes

El modulo de gestión de pacientes tiene como objetivo permitir al terapeuta almacenar información de múltiples pacientes, permitiéndole hacer un seguimiento de la evolución del paciente y guardar la información relevante de preferencias y avances de los otros dos módulos principales. Cuenta con 4 casos de uso (ver apéndice I.1) que se pueden observar en el diagrama de casos de uso que se muestra en la figura 5.5.

El ciclo del módulo, que se puede observar en la figura 5.6, comienza con el ingreso por parte del terapeuta al sistema, el sistema muestra la pantalla de gestión de pacientes (ver figura 5.7) y el terapeuta debe crear un nuevo paciente en el caso que no exista ninguno. En el caso que existan pacientes el terapeuta puede crear, modificar, consultar o eliminar un paciente. En el caso de crear modificar y consultar

Figura 5.5: Diagrama de casos de uso del módulo de Gestión de Pacientes.

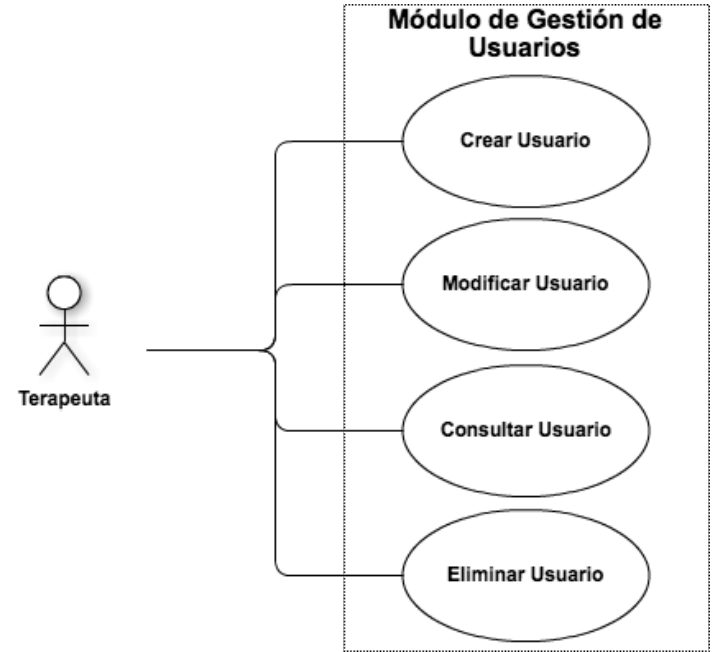
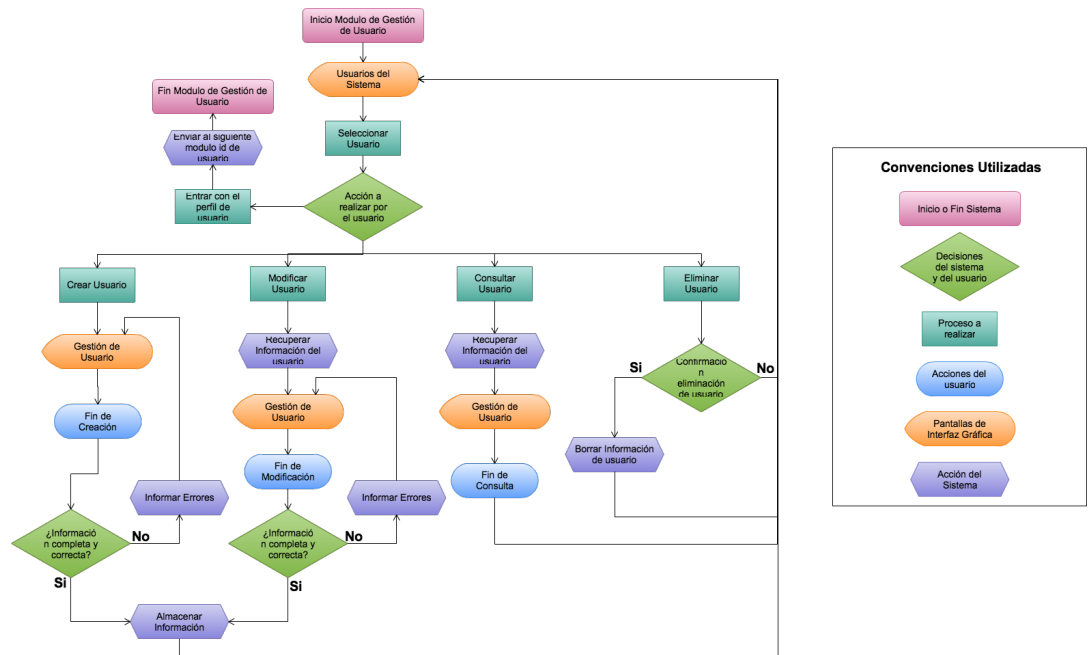


Figura 5.6: Flujo del módulo de gestión de pacientes.



paciente se muestra el formulario de pacientes (ver figura 5.8) donde el terapeuta realiza la acción deseada y el sistema recupera y almacena la información de los pacientes. El flujo termina cuando el terapeuta desea iniciar sesión de terapia con el paciente y selecciona la opción de ingresar con un usuario.

Figura 5.7: Interfaz gráfica del modulo de gestión de pacientes.

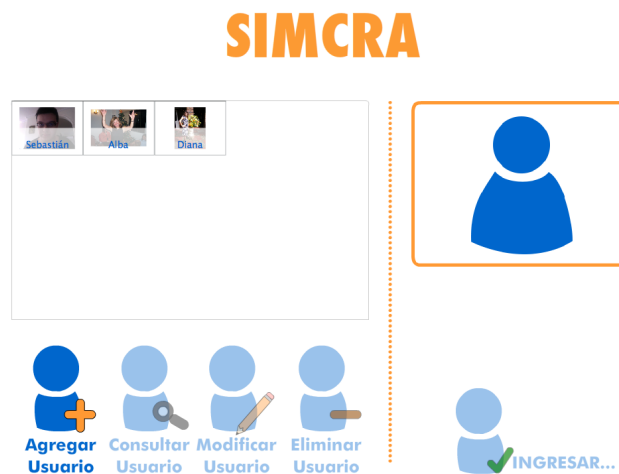


Figura 5.8: Formulario de información de paciente.

Perfil de Usuario



Subir Foto

Tomar Foto

Primer Nombre:

Segundo Nombre:

Primer Apellido:

Segundo Apellido:

Fecha de Nacimiento:

DD

MM

AAAA

Tipo de Afasia:

Seleccionar...

Documento de Identidad:

Datos Terapeuta:
Nombres:

Apellidos:

e-mail:

Observaciones:

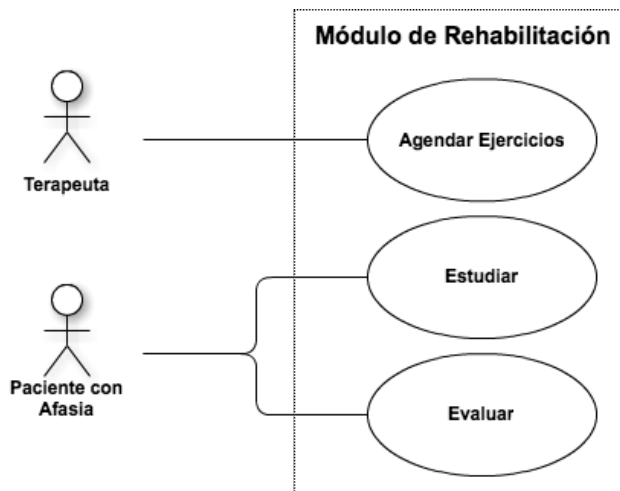
Guardar

Atras

5.3. Módulo de Rehabilitación

El módulo de Rehabilitación tiene como objetivo brindar un batería de ejercicios al terapeuta, que puede utilizar en las terapias de rehabilitación. Cuenta con 3 casos de uso, que se pueden observar en el diagrama de casos de uso de la figura 5.9 y están especificados en el apéndice I.2.

Figura 5.9: Diagrama de casos de uso del módulo de Rehabilitación.

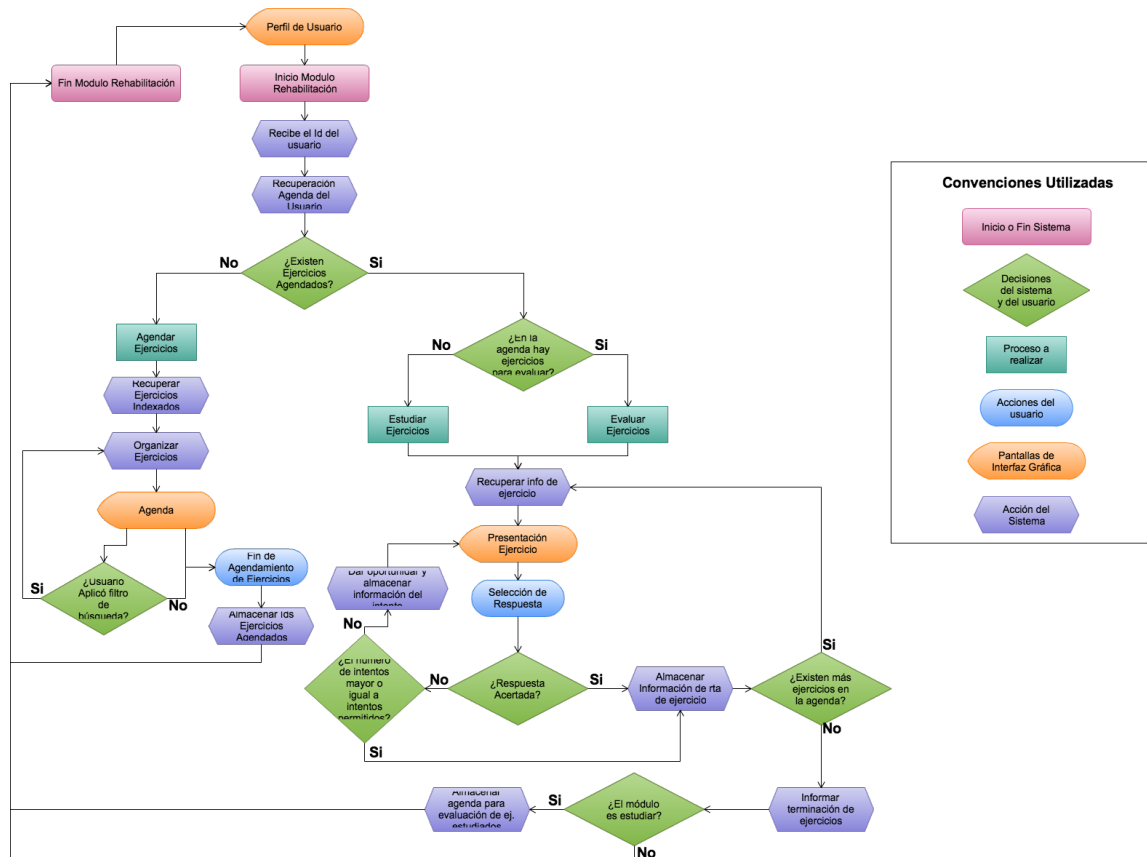


El caso de uso *Agendar* ejercicios, tiene como objetivo que el terapeuta pueda buscar y asignar a un paciente específico, las actividades necesarias para su tratamiento. Por su parte, el caso de uso *Estudiar* brinda al terapeuta la oportunidad de entrenar al paciente en diversos procesos neurolingüísticos, por medio de las actividades propuestas. Finalmente, el caso de uso *Evaluar*, ayuda al terapeuta a evaluar los procesos realizados en sesiones previas de estudio, para así poder enfocarse en la rehabilitación de las áreas más afectadas y de menor recomendación.

El ciclo del módulo de rehabilitación inicia con el agendamiento de ejercicios a un paciente, el paciente realiza la sesión terapéutica con el sistema realizando sus ejercicios asignados y al finalizar el sistema indica que se puede proceder a evaluar las habilidades obtenidas en la sesión de estudios. Dicha evaluación se puede realizar en la misma o en la siguiente sesión. El sistema no permite el agendamiento de nuevos ejercicios hasta no haber realizado la evaluación de todas las actividades que se han estudiado. Al finalizar la sesión de evaluación, el ciclo vuelve a comenzar (ver figura 5.10).

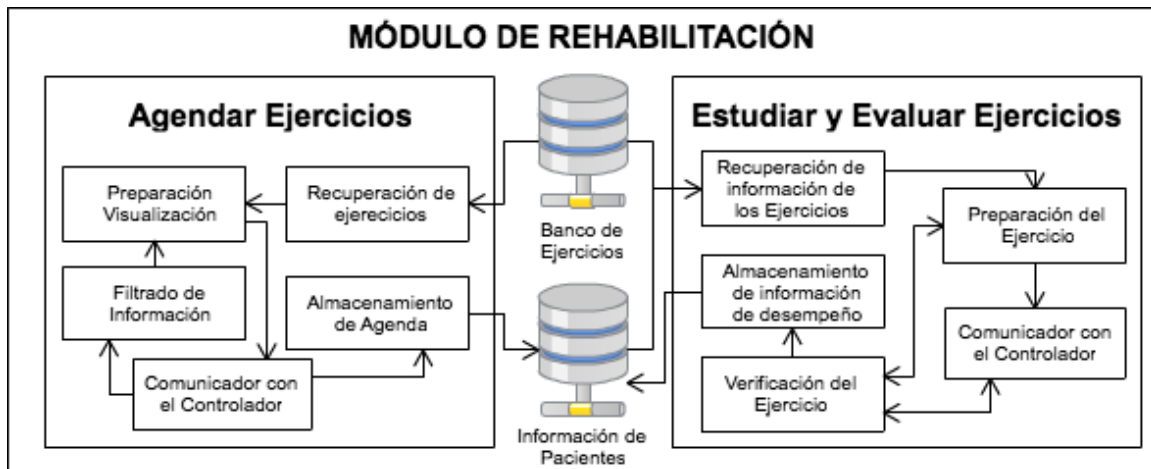
El diagrama de bloques que se muestra en la figura 5.11, muestra de manera general el funcionamiento del modulo de Rehabilitación. Se divide en dos funciones

Figura 5.10: Flujo del módulo de rehabilitación.



principales que son los de estudiar y evaluar y la de agendar ejercicios. Esta funcionalidades se comunican directamente con el controlador y con un banco de ejercicios e información específica del paciente para su correcto funcionamiento.

Figura 5.11: Diagrama de bloques del módulo de rehabilitación.



El caso de uso de Agendar, tiene una distribución gráfica especial, que le permite al terapeuta navegar y buscar los ejercicios de manera rápida. Cumple con los principios de usabilidad y los conceptos de diseño GUI, en cuanto a fuentes, tamaños y colores. La pantalla para agendar ejercicios se puede ver en la figura 5.12. Dentro de las funcionalidades presentes en el el modulo de Agendar, se pueden filtrar los ejercicios por categoría, actividad y nivel, ademas de seleccionar o desseleccionar todos los ejercicios que se están visualizando.

5.3.1. Batería de Ejercicios

Los ejercicios que presenta el sistema, se basan en el modelo de ejercicios de terapia de rehabilitación cognitiva (ver apéndice A.3), el cuál fue concebido a partir de conocimientos teóricos y procedimientos metodológicos recientes en el ámbito de la neuropsicología cognitiva, de la estimulación y rehabilitación neuropsicológica, campos que influyen directamente en el tratamiento de la afasia.

Los ejercicios presentados fueron diseñados para pacientes con afasia motora aferente, afasia motora eferente, afasia acústico amnésica, afasia semántica, afasia amnésica, segun la clasificación de Luria (1976), y que se explica en el apéndice A.2.1. De los modelos de terapia, presentados en el apéndice A.3.2, el módulo de rehabilitación esta diseñado para terapias de restauración, donde de manera repeti-

Figura 5.12: Pantalla del caso de uso de Agendar de ejercicios.



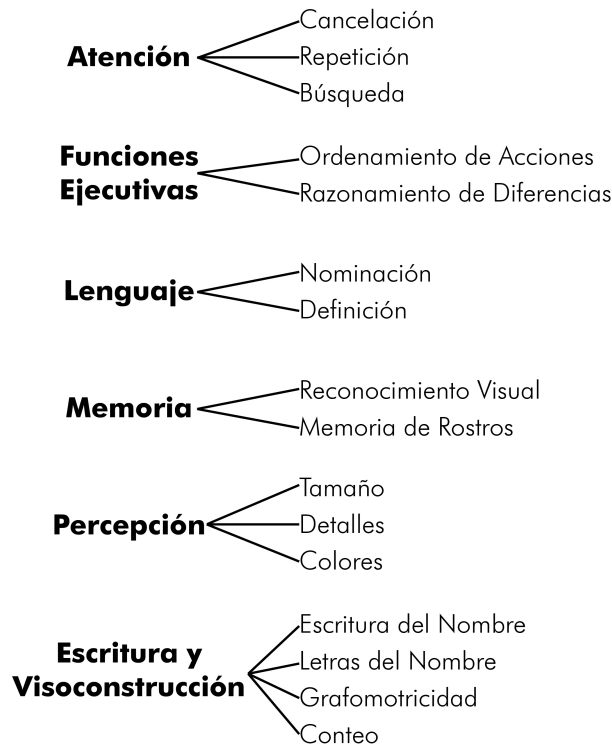
tiva el paciente hace ejercicios para recuperar las habilidades perdidas.

La batería de ejercicios cuenta con seis (6) categorías y dieciséis (16) actividades en total, que se pueden observar en la figura 5.13. La selección de las imágenes, textos y audios de cada actividad responden a las necesidades de los pacientes, como lo son: su vocabulario, su idioma, sus capacidades perceptivas, sus intereses y su estado psicológico.

Las actividades de cada categoría tienen como objetivo reforzar y ayudar en el proceso de rehabilitación de un área específica de las capacidades neurolingüísticas y neuropsicológicas del individuo. La categoría de *Atención* está enfocada a mejorar y mantener la capacidad de concentración y de atención de la persona. La de *Funciones Ejecutivas* se especializa en estimular los procesos de razonamiento, control atencional y toma de decisiones. La categoría de *Lenguaje* trata el mantenimiento y restablecimiento de las habilidades comunicativas del paciente. La de *Memoria* busca mantener las estrategias y técnicas efectivas que estimulen el mantenimiento, aprendizaje y recuperación de la información. La categoría de *Percepción* busca estimular la capacidad de la persona para identificar los objetos del entorno. Finalmente, la de *Escritura y Visoconstrucción* ayuda en el control de la grafomotricidad, el cálculo simple y la escritura.

Las actividades que utiliza el sistema, se basan en el seguimiento de una orden por parte del paciente, quien debe elegir la respuesta correcta entre un grupo de

Figura 5.13: Categorías y actividades de la batería de ejercicios.

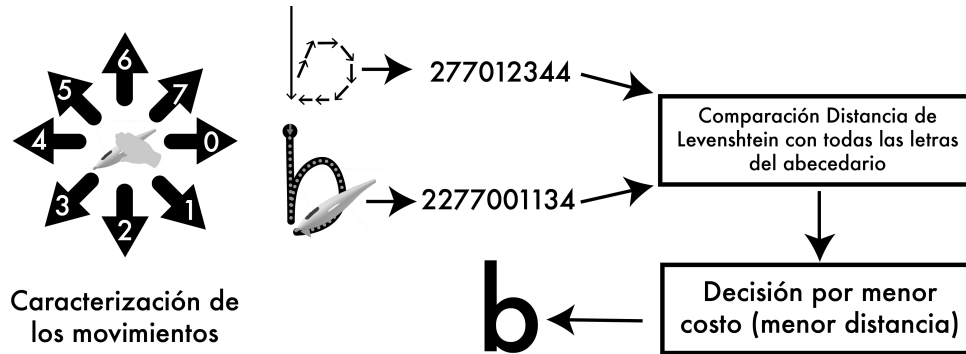


posibilidades, en el apéndice J se encuentra una descripción detallada de cada una de las actividades.

La gran mayoría de las actividades son de selección única y múltiple, según el objetivo de la actividad. Por ejemplo, en la actividad de *cancelación* el paciente debe elegir todos los elementos que son iguales a un estímulo presentado, mediante una selección múltiple; por otro lado, en la actividad de *definición*, se le pregunta al paciente que señale el objeto que corresponde a una definición dada, por medio de una selección única.

Cabe destacar entre las actividades, aquellas de Nominación y Escritura del Nombre. La primera, utiliza como única interacción la detección y reconocimiento de imágenes, explicada en el capítulo 4.2, y el ejercicio consiste en ordenarle al paciente que ponga frente al sistema, en un área determinada, la ficha que corresponde a un concepto dado. La segunda, motiva la escritura del nombre del paciente, por medio del reconocimiento de texto escrito, caracterizando los trazos hechos con el IRPen sobre la superficie, en ocho direcciones posibles. Dicha caracterización es comparada con la de cada letra del abecedario por medio del algoritmo de distancia mínima de Levenshtein (ver apéndice D.2), como se muestra en la figura 5.14.

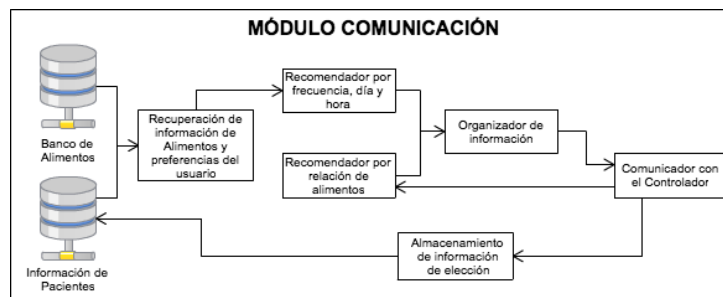
Figura 5.14: Técnica de inteligencia artificial para el reconocimiento de trazos en la escritura del nombre.



5.4. Módulo de Comunicación

El módulo de comunicación busca ayudar a los pacientes a expresar su deseo de ingerir alimentos típicos colombianos. Para ello se utilizaron los conceptos de Comunicación Alternativa y Aumentativa, explicados en el apéndice A.4. El principal objetivo de este módulo es brindar un método efectivo de comunicación a las personas con afasia, utilizando un sistema de recomendación por preferencia y frecuencia de uso según el día de la semana y la hora, y la relación del consumo de los alimentos por parte de la persona con Afasia. Con este sistema de recomendación se busca agilizar los procesos comunicativos del paciente, aumentando el tiempo requerido para pedir un menú de comidas. Para ello se diseñó un caso de uso (ver apéndice I.3) cuyas funcionalidades se pueden observar en el diagrama de bloques que se muestra en la figura 5.15.

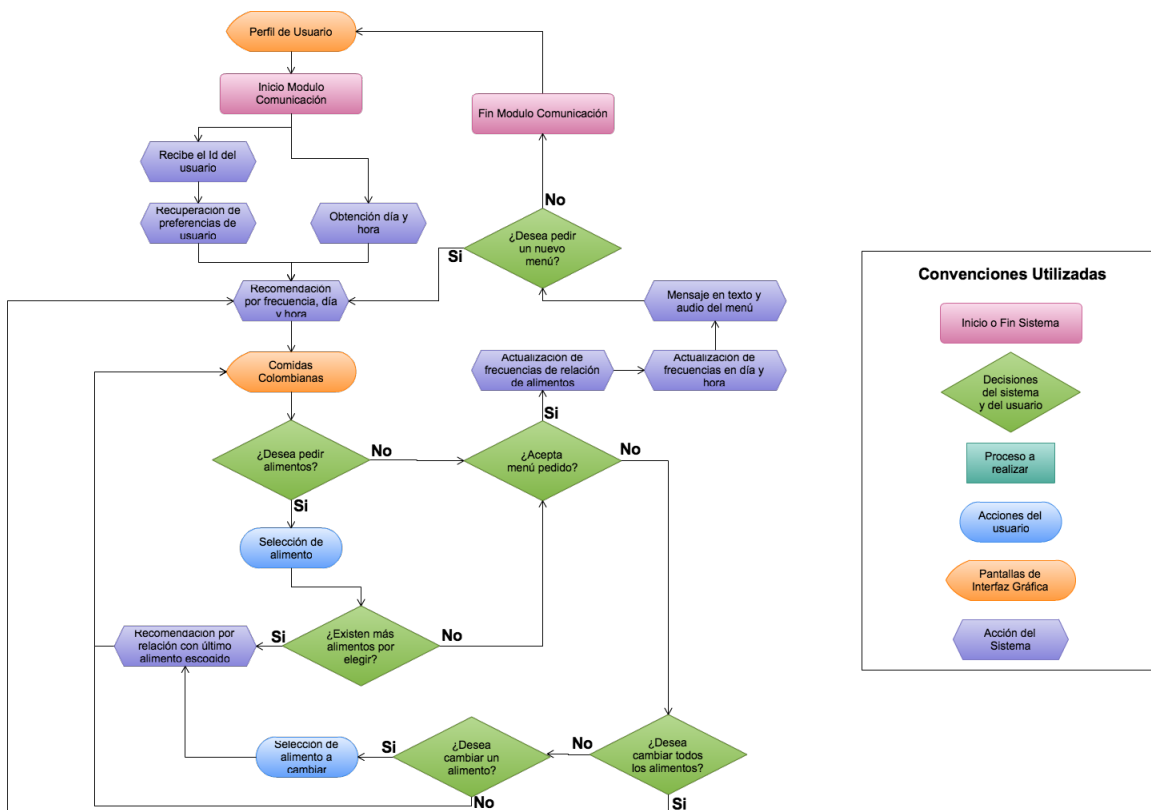
Figura 5.15: Diagrama de bloques del modulo de comunicación.



El flujo de este modulo inicia con el deseo del paciente de pedir un menú de alimentos. El sistema recupera el banco de alimentos, las preferencias del usuario y el día y hora del ordenador. Con esta información genera una recomendación de un

menú; primero, según al hora del día recomendando el tipo de menú que se debe ingerir entre desayunos, almuerzos, cenas y onces. Luego, según el día de la semana el sistema analiza la frecuencia de uso de los alimentos en diferentes categorías: Entradas, Bebidas, Platos fuertes, Acompañante y Postre. El paciente debe elegir un alimento de cualquier categoría y el sistema hace la recomendación según la relación existente entre alimentos, para esta recomendación se utiliza un árbol de decisión y el teorema de bayes, explicados en el apéndice D.3. Cuando el paciente desea pedir un menú selecciona la opción de aceptar y el sistema actualiza los datos de frecuencias y relaciones y envía un mensaje tanto auditivo como visual para pedir el alimento. El flujo terminan en el momento que el paciente no quiere pedir más menús (ver figura 5.16).

Figura 5.16: Flujo del módulo de comunicación.



Los gráficos utilizados son fotografías reales de los alimentos, un ejemplo de esto se muestra en la figura 5.17, donde se observa la interfaz gráfica de este módulo. Además el modelo de Interfaz de usuario que se utiliza se hace con la técnica de interacción de manipulación del trackball, en la cual para que el usuario cambie de alimento se debe situar el cursor encima de la imagen de la categoría del alimento, y el sistema automáticamente según la recomendación muestra diferentes opciones. Cuando el usuario desea elegir un alimento debe presionar algún botón del trackball

y así queda seleccionado dicho alimento. Además se puede cambiar el alimento de alguna categoría seleccionando la opción de reiniciar, y se pueden limpiar todos los alimentos seleccionando la opción de limpiar.

Figura 5.17: Interfaz gráfica de usuario para el módulo de comunicación.



Capítulo 6

Evaluación

RESUMEN: En este capítulo se explican las pruebas realizadas con los pacientes y terapeutas. Además se presentan los resultados del trabajo de grado, referente a las pruebas, los objetivos planteados y los resultados esperados. Finalmente, se presenta la discusión de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas.

6.1. Pruebas

6.1.1. Introducción

Las pruebas realizadas siguieron los parámetros de diseño de Pruebas de Usabilidad, expuestos en el apéndice E. El protocolo seguido en las pruebas (apéndice K) cumple con los estándares de pruebas para personas con discapacidad. Los modelos de los consentimientos informados para la realización de las pruebas con los terapeutas y pacientes se encuentran en el apéndice K.2.

En cuanto a las características y cantidad de los participantes, algunos estudios han llegado a la conclusión de que realizar pruebas a un gran número de participantes no proporciona mucha más información que realizar las pruebas a sólo unas pocas personas, dado que los primeros participantes darán con la mayoría de problemas de usabilidad (Virzi, 1990). Algunas investigaciones (Nielsen, 2000) (Spool y Schroeder, 2001), demuestran que entre tres y cinco participantes son suficientes para localizar el 85 % de los problemas de usabilidad, en los casos en los que el tipo de usuario es muy homogéneo y utilizará el producto de forma similar (Rubin, Chisnell y Spool, 2011).

Por otro lado, para encontrar participantes con discapacidad es necesario tener en cuenta los criterios de selección utilizados, entre más específicos sean estos criterios, se requiere mayor tiempo y esfuerzo para encontrar a los participantes de las pruebas. Dado que la afasia es una discapacidad específica, el número de pacientes que se pueden encontrar para realizar pruebas es muy bajo. Por tal motivo, siguiendo las recomendaciones de Virzi (1990), Nielsen (2000) y Spool y Schroeder (2001), las pruebas de pacientes se hicieron con tres participantes con afasia motora eferente y ocho terapeutas con experiencia en el tratamiento de la afasia. El objetivo principal de las pruebas fue validar la usabilidad del sistema y su operación.

6.1.2. Pruebas con Pacientes

Las pruebas realizadas con los pacientes (ver figura 6.1), se enfocaron en medir la facilidad de uso de las interfaces de interacción y validar la utilidad del sistema en procesos terapéuticos. Dichas pruebas, fueron asistidas por el terapeuta tratante y en ningún caso se evaluaron las capacidades cognitivas ni las habilidades comunicativas de los pacientes. Para medir la usabilidad se le solicitó a cada paciente que realizara un ejercicio de cada actividad, utilizando los métodos de interacción por separado y en conjunto. Luego de realizar los ejercicios se les presentó un cuestionario (ver apéndice K.3) con las preguntas:

1. ¿Le gustó utilizar el sistema?
2. ¿Entendió la manera de utilizar el sistema?
3. ¿Volvería utilizar el sistema en sus terapias?
4. ¿Cree que el sistema le ayudaría en el tratamiento de su discapacidad?
5. ¿Sintió angustia o confusión al utilizar el sistema?

Además se solicitó a cada individuo que libremente expresara cualitativamente su experiencia con el sistema. El cuestionario fue contestado por el paciente con la asistencia del terapeuta. La evidencia y los respuestas de las pruebas realizadas se encuentran en el apéndice L.2

6.1.3. Pruebas con Terapeutas

Para las pruebas con los terapeutas (ver figura 6.2), primero se expuso la generalidad de la aplicación y del sistema en general. Se les informó sobre los objetivos del mismo, sus contenidos, sus funcionalidades, las interfaces de interacción y su forma de uso. Luego cada uno de los usuarios realizó pruebas en el sistema de forma autónoma, por medio del desarrollo de actividades y ejercicios propuestos, con cada

Figura 6.1: Evidencia de las pruebas realizadas con los pacientes.



método de interacción. Lo anterior con el fin de validar las funcionalidades estudiar, evaluar, agendar ejercicios y el sistema comunicación. Al finalizar, se realizó una encuesta (ver apéndice K.4) en lo que se busca evaluar facilidad de uso, utilidad y contenidos. Además, Se solicitó a cada uno la valoración de cada interfaz de interacción con un valor numérico de 1 a 5 en las cualidades de facilidad, memorabilidad, naturalidad y eficiencia.

Además se solicitó a cada individuo que libremente expresara cualitativamente su experiencia con el sistema. La evidencia y los respuestas de las pruebas realizadas se encuentran en el apéndice L.2

6.2. Resultados

6.2.1. Resultados Pruebas Pacientes

De acuerdo con las pruebas realizadas con los pacientes, para cada pregunta se obtuvieron los resultados que se observan en la tabla 6.1.

Además, en las opiniones cualitativas del sistema, se obtuvieron comentarios diversos y en general positivos como por ejemplo el referido por el Paciente 2, quién ante la pregunta que cómo le pareció la experiencia con el sistema, contestó: “Es

Figura 6.2: Evidencia de las pruebas realizadas con los terapeutas.

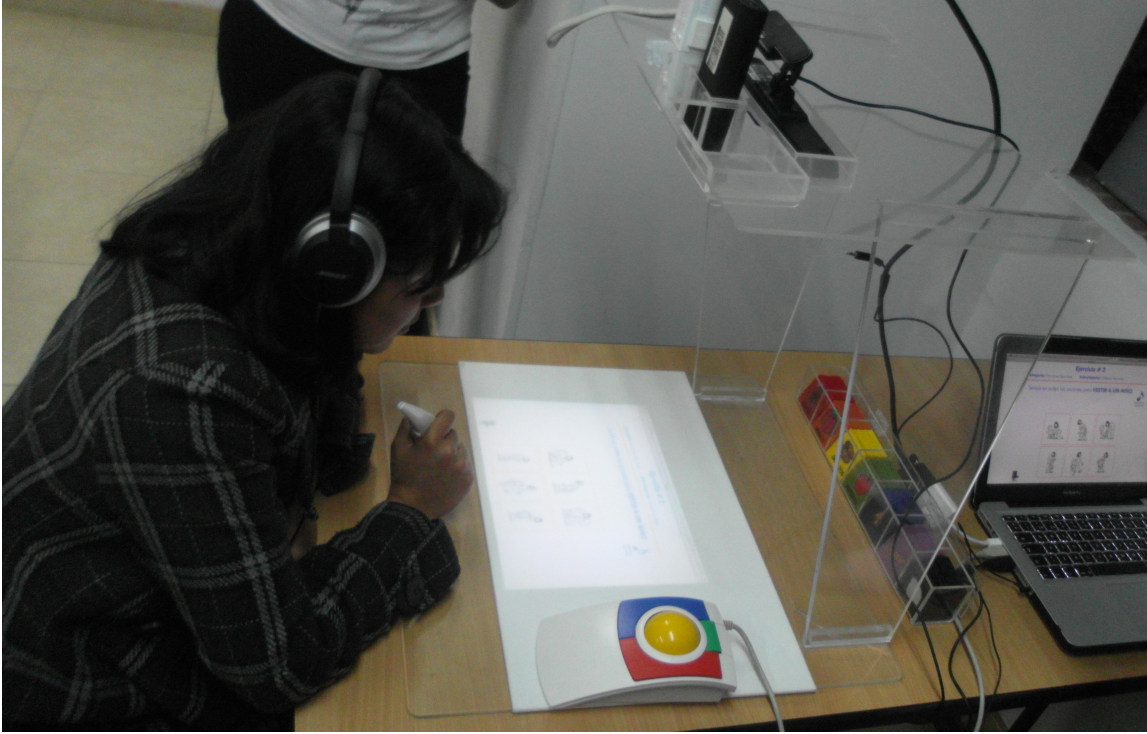


Tabla 6.1: Resultado de las preguntas realizadas a los pacientes

Pregunta	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3
¿Le gustó utilizar el sistema?	Si	Si	Si
¿Volvería utilizar el sistema en sus terapias?	Si	Si	Si
¿Cree que el sistema le ayudaría en el tratamiento de su discapacidad?	Si	Si	Si
¿Entendió la manera de utilizar el sistema?	Si	Si	Si
¿Sintió angustia o confusión al utilizar el sistema?	No	Si	No

Tabla 6.2: Resultado de la valoración de los terapeutas a las interfaces de interacción

Cualidad	Selección de Co- mandos	Manipulación Trackball	Reconocimiento de Imágenes
Facilidad	4.13	4.38	4.38
Naturalidad	4.38	4	4.38
Eficiencia	4.75	4.13	4.25
Memorabilidad	4.75	4.13	4.5
Promedio	4.5	4.32	4.38

Tabla 6.3: Resultado de las preguntas relacionadas con la usabilidad del sistema por parte del paciente

Terapeuta	Facilidad de uso	Utilidad	Contenidos
Terapeuta 1	4.86	4.13	4.88
Terapeuta 2	5.0	4.0	4.13
Terapeuta 3	4.13	4.75	3.29
Terapeuta 4	3.29	3.38	2.88
Terapeuta 5	4.86	4.75	4.5
Terapeuta 6	4.71	4.75	4.75
Terapeuta 7	4.43	4.25	3.63
Terapeuta 8	4.43	4.38	4.38
Promedio	4.47	4.3	4.06

Muy buena, los medios utilizados para llevar a cabo el ejercicio. Senti alegría, incertidumbre si lo que marcaba estaba bien, me sentí feliz cuando acertaba”.

6.2.2. Resultados Pruebas Terapeutas

El resultado de la valoración de las cuatro cualidades por cada interfaz, se observa en la tabla 6.2. Para cada una de las cualidades se determinó el promedio de la calificación a las preguntas relacionadas. A su vez, se calculó la media de las calificaciones por cada cualidad para los 8 terapeutas que intervinieron en la prueba.

La evaluación por parte de los terapeutas, de los criterios de usabilidad del sistema se pueden observar en la tabla 6.3.

En las entrevistas realizadas a los terapeutas, en las que se les pedía referirse a la experiencia y concepto del sistema, el terapeuta con mayor experiencia en tratamiento de la afasia refiere: “La ejecución de las acciones en el sistema por parte del

terapeuta y del paciente son muy claras y simples, lo cuál es importante en función del tiempo de ejecución. El sistema tiene mucho potencial terapéutico más allá del manejo de la afasia”.

A su vez el terapeuta con menor experiencia refiere: *“Es un sistema fácil de usar, llamativo y agradable. Usa herramientas como el lápiz, las fichas y el trackball, que son de fácil manejo. Esta bien organizado y es un sistema que abre más puertas en la continuidad de elaboración de material terapéutico”.*

6.3. Discusión

Las pruebas con pacientes muestran unos resultados positivos, en general los pacientes manifiestan agrado por el sistema y su interfaz. Además en general refieren que volverían a utilizarlo en su proceso terapéutico.

Es de destacar el comentario referido por la paciente 2 en cuanto manifiesta que sintió alegría e incertidumbre, sentimientos muy propios de los juegos. El paciente estaba tan inmerso en los ejercicios, que la angustia generada por la interacción con el computador, pasó a ser aquella que se genera al disfrutar de una actividad lúdica, logrando cumplir con los objetivos de las aplicaciones accesibles y fáciles de usar.

En lo referente a las pruebas con los terapeutas, los resultados también fueron positivos, en promedio todas las calificaciones se puntúan por encima de ocho (8) lo cual es bastante satisfactorio.

En cuanto a las cualidades de las tres interfaces de interacción, es de destacar la buena valoración que se le da al uso del lápiz con la superficie proyectada. Esto corrobora la hipótesis de que se realiza intuitivamente y los problemas que podían surgir están relacionados con la fuerza y la postura del mismo.

Por otro lado, a pesar de que el trackball podría ser fácilmente usado por personas con dificultades motoras, no fue la interfaz mejor calificada. Esto teniendo en cuenta que se requiere algún entrenamiento previo para su uso.

Finalmente en relación con la evaluación general de los tres criterios de calidad, facilidad de uso, utilidad y contenidos, es claro que la primera es la característica más importante del sistema. Sin embargo, la utilidad y los contenidos tienen buena calificación a pesar de ser un sistema piloto. Estos últimos pueden ser mejorados mediante la ampliación del rango de ejercicios.

Capítulo 7

Conclusiones

El SIMCRA es un sistema de apoyo a las terapias de rehabilitación y procesos de comunicación de personas con afasia, el cual posee mecanismos multimodales de interacción y es de gran utilidad como herramienta de apoyo en los procesos terapéuticos de las personas con afasia.

La construcción de casos de uso por medio del análisis bibliográfico, entrevistas con expertos, el análisis del usuario y trabajo interdisciplinario, permite definir de forma sencilla el comportamiento del sistema desde el punto de vista de interacción con el usuario u otros sistemas.

El desarrollo realizado valida el hecho de que las técnicas multimodales permiten la apropiación del uso de la tecnología en diferentes entornos como lo son las terapias de rehabilitación de la afasia. Esto se fundamenta en los resultados obtenidos en las pruebas con los pacientes, donde el sistema actuó como un facilitador para la utilización de la tecnología.

El proceso de diseño de aplicaciones en general debe incluir al usuario final como objeto de estudio, para lograr desarrollar aplicaciones útiles. La accesibilidad y usabilidad son características muy importantes dentro de los sistemas, que muy pocas veces son tomadas en cuenta en el momento del desarrollo.

El sistema fue probado por pacientes y terapeutas logrando una gran acogida entre ambas poblaciones y se presenta como una herramienta válida y de bajo costo para implementarla en clínicas y centros especializados.

7.1. Resultados del Proyecto de Grado

Los resultados del proyecto según los objetivos planteados se muestran en la tabla 7.1.

Para cada resultado esperado propuesto de este trabajo se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Prototipo del Sistema:** Se puede observar en el apéndice L.1, que se desarrolló el software SIMCRA, que tiene como objetivo la rehabilitación y comunicación alternativa y aumentativa para pacientes colombianos con afasia.
- **Instalador Aplicación:** En el cd de la aplicación se encuentra el instalador de la aplicación para mac y pc, utilizando la distribución de Adobe AIR.
- **Documento:** El presente documento es resultado del trabajo desarrollado, cuenta con la explicación del sistema y un marco conceptual amplio tratado de manera general en el capítulo 3 y profundizado en los apéndices.
- **Evaluación Experto en Afasia:** Para este resultado, se superaron las expectativas ya que se contó con la evaluación de un grupo de 8 terapeutas con experiencia en el tratamiento de la afasia. La evidencia de la realización de esta evaluación se puede observar en el apéndice L.2.
- **Evaluación Paciente:** Para este resultado, se superaron las expectativas ya que se contó con la evaluación de un grupo de 3 pacientes. La evidencia de la realización de esta evaluación se puede observar en el apéndice L.2.
- **Manual de Usuario:** Se realizó un manual de usuario por medio de un vídeo tutorial donde se explica al terapeuta el uso del sistema y las funcionalidades del mismo, como se observa en el apéndice L.4.

Tabla 7.1: Resultados del proyecto realizado con respecto a los objetivos planteados

Objetivo	Actividades	Resultado obtenido
Desarrollar un prototipo experimental, de un sistema de rehabilitación y comunicación aumentativa y alternativa, para población colombiana con trastornos neurologüísticos caracterizados por afasia, utilizando técnicas multimodales de interacción humano-computador.	Se realizó un análisis de bibliografía sustentado en el marco conceptual de este documento para determinar los requerimientos del sistema, además de la asesoría de una fonoaudióloga con experiencia en el tratamiento de la afasia. Se realizó el diseño de los casos de uso, Interfaces de Usuario, Interfaces Gráficas de Usuario y plan de pruebas. Se realizó la implementación del sistema utilizando la metodología AUP y finalmente pruebas operativas.	Software SIMCRA (Apéndice L.1). Vídeo de la aplicación (Apéndice L.3). Manual de usuario (Apéndice L.4). Publicación de artículo en TISE2012 (Apéndice G).
Elaborar e implementar los casos de uso a utilizar en el sistema acorde con los conceptos básicos de la afasia, sus problemas asociados y las diversas técnicas utilizadas en la rehabilitación del trastorno por medio de análisis bibliográfico y entrevistas a especialistas en el tema.	Análisis de los requisitos de los pacientes con afasia, diseño y elaboración de casos de uso	Casos de uso (Apéndice I)
Diseñar un modelo de interacción para aplicarlo al sistema, como método alternativo de acceso a la tecnología utilizando los resultados obtenidos en el Proyecto de Iniciación Científica 910 (Sastorqu y Iregui, 2011).	Se diseñaron e implementaron las técnicas de interacción propuestas en el capítulo 4	Presentación de artículo en WebMedia 2012 (Apéndice F)
Diseñar una interfaz gráfica para ayudar a suplir las necesidades específicas de la población en estudio utilizando las teorías de diseño centradas en el usuario y el uso.	Se estudiaron los requisitos necesarios para el diseño de la interfaz, como la teoría de diseño de interfaces para personas con discapacidad. Se implementaron diferentes pantallas para cada caso de uso cumpliendo con los requisitos de accesibilidad y usabilidad	Software SIMCRA (Apéndice L.1). En el capítulo 5 se muestra el diseño de interfaces realizado en la aplicación
Evaluar el sistema desarrollado para medir su operabilidad por medio del concepto de un especialista en el tema y una persona con afasia.	Se realizó un protocolo de pruebas y se aplicó a tres pacientes y ocho terapeutas	Protocolo de pruebas, con formatos de consentimientos informados y cuestionarios (Apéndice K). Vídeos y Cuestionarios de las pruebas realizadas (Apéndice L.2)

Capítulo 8

Recomendaciones y Trabajo Futuro

Se espera que el diseño e implementación del sistema SIMCRA sea sólo un punto de referencia para nuevas propuestas de aplicaciones que intenten ayudar en diversas áreas de rehabilitación y salud en general.

Con las pruebas realizadas se observa que aún falta trabajo en la generación de contenidos para el módulo de rehabilitación, por lo tanto se recomienda revisar metodologías de ejercicios terapéuticos y crear un mayor número de ejercicios que incluyan otras categorías y actividades. Además, puede implementarse un módulo de gestión de ejercicios, que permita al terapeuta crear una base más amplia de actividades.

Se recomienda el desarrollo de funcionalidades que puedan extender el módulo de Comunicación, esta primera aproximación de recomendación de alimentos es el punto de partida para la implementación de técnicas novedosas de minería de datos que permitan incluir otros temas de conversación cotidianos. Además partiendo de las premisas de los sistemas de CAA, sería beneficioso implementar una versión para dispositivos móviles o tablets que permitan utilizar el módulo de comunicación en contextos sociales.

Para la funcionalidad de agendamiento de ejercicios se recomienda la implementación de un sistema inteligente, que le permita al terapeuta realizar la asignación de las actividades a realizar según la gravedad y el tipo de afasia del paciente por medio de la recomendación de ejercicios que se deben agendar.

Teniendo en cuenta que el SIMCRA esta guardando información relacionada con los resultados de los ejercicios y las preferencias del modulo de comunicación, como trabajo futuro se debe realizar un modulo que permita la creación de informes detallados de la evolución del paciente.

Quedan las puertas abiertas para que el sistema puede ser utilizado para el tratamiento de otros trastornos neurolingüísticos, para ello la implementación de nuevas técnicas de interacción serían de gran utilidad para el sistema ya que permitirían la inclusión de un mayor número de población.

Parte II

Apéndices

Apéndice A

Teoría Neurolingüística, Afasia y CAA

RESUMEN: El lenguaje es una herramienta importante en la actividad intelectual y social del ser humano, para la comunicación y obtención de la información, y a la vez, es un método para organizar los procesos mentales humanos. La alteración de este como consecuencia de accidentes cerebrovasculares, traumatismos craneoencefálicos, tumores o infecciones cerebrales, que afecten la media cerebral izquierda, se conoce como Afasia (Álvarez Lami y Bermúdez Mendoza, 2008).

A.1. Neurolingüística

La comunicación es un proceso en el cual se intenta transmitir un mensaje de una forma u otra, todas las especies animales desarrollan estrategias de comunicación desde que nacen (Celdrán Clares y Zamorano Buitrago, 2003). Sin embargo la diferencia con la comunicación humana, radica en que esta última es más elaborada y compleja, requiriendo las siguientes condiciones para su eficacia:

- **Emisor:** Una persona con la necesidad de comunicarse.
- **Mensaje:** Algo que comunicar.
- **Receptor:** Alguien con quien comunicarse.
- **Canal:** Vía y posibilidad física para que se de la comunicación.
- **Contexto:** Oportunidades ofrecidas por el entorno que faciliten la comunicación.

- **Código:** Instrumento compartido y estructurado que deben conocer el emisor y el receptor.

El código que utiliza la comunicación humana, es el lenguaje y no queda restringido únicamente a la comunicación oral, sino también a la comunicación no verbal, escrita, de señas o alternativa. Siendo estas de gran importancia para lograr la propagación de un mensaje de manera adecuada (Celdrán Clares y Zamorano Buitrago, 2003). El lenguaje es considerado desde el punto de vista formal como un sistema de signos estructurado por medio de unas reglas que nos permiten: combinar sonidos para formar palabras, combinar palabras para formar frases, combinar frases para expresar pensamientos, sentimientos y deseos. Cada signo lingüístico tiene dos componentes, un significante o palabra y un significado o contenido.

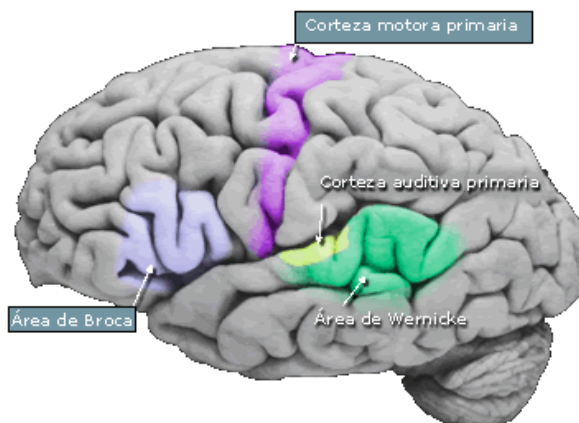
Cabe destacar que el lenguaje se adquiere de forma natural, sin llevar a cabo ningún método sistemático de intervención por personas externas. No obstante, el proceso de adquisición del lenguaje es muy complejo y requiere de múltiples funciones y sistemas que interactúan hasta su desarrollo. Es por esto que las siguientes bases son necesarias para su elaboración (Álvarez Lami y Bermúdez Mendoza, 2008):

- **Neurofisiológicas:** Zonas de la corteza cerebral del hemisferio izquierdo, sensoriales y motoras (Áreas de Wernicke y Broca) y sus zonas cercanas. En estas zonas se realiza la codificación y decodificación del lenguaje.
- **Sensoriales:** Sensaciones y percepciones auditivas, visuales, táctiles, olfativas, gustativas, propioceptivas y cinestésicas para la captación e interpretación de los estímulos externos.
- **Anatómicas y Funcionales:** Órganos y aparatos que están involucrados en el proceso, como el sistema respiratorio, fonatorio, articulatorio, resonador y su funcionalidad para producir el habla.
- **Cognitivo:** Desarrollo de las funciones mentales básicas implicadas en el desarrollo del lenguaje.

La neurolingüística es la disciplina que estudia los procesos del lenguaje en las bases neurofisiológicas; es decir, las relaciones entre las funciones cerebrales superiores y la producción y recepción del lenguaje. Los *trastornos neurolingüísticos*, son todos aquellos que están relacionados con los problemas de producción y recepción del lenguaje y que generalmente se derivan de una patología neurológica o de un accidente cerebro vascular (ACV).

Las áreas del cerebro que intervienen en la neurolingüística se muestran en la figura A.1. Las dos áreas principales del cerebro que intervienen en la producción y

Figura A.1: Áreas del cerebro que intervienen en los procesos neurolingüísticos (Obler y Gjerlow, 2001)



comprensión del lenguaje, son respectivamente el área de Broca y el área de Wernicke (Obler y Gjerlow, 2001). Sin embargo otras áreas del cerebro intervienen directamente en la neurolingüística como lo son la corteza auditiva primaria y la corteza motora primaria. La primera se encarga de toda la interpretación de las señales auditivas para la comprensión del lenguaje y la segunda se encarga de los movimientos musculares necesarios para la producción del lenguaje y la escritura.

A.2. Afasia

El término afasia fue propuesto en el año 1864 por el médico francés Armand Trousseau. Significa falta de comunicación por el lenguaje y proviene del latín *a* (falta) y *phasia* (palabra). Según la definición de Trousseau, “*Se trata de un estado patológico que consiste en la pérdida completa o incompleta de la facultad de la palabra, con conservación de la inteligencia y de la integridad de los órganos de la fonación*”(Ardila, 2006).

La afasia ha sido definida por diversos autores como una alteración en la capacidad para utilizar el lenguaje (Bein y Ovcharova, 1970), un déficit en la comunicación verbal resultante del daño cerebral (Hécaen, 1997), una pérdida adquirida en el lenguaje como resultado de algún daño cerebral y caracterizada por errores en la producción, fallas en la comprensión, y dificultades para hallar palabras (Kertesz, 1985), o simplemente una pérdida o trastorno en el lenguaje, causada por un daño cerebral (Benson, 1970).

De esta manera Ardila (2006) ha llegado a una definición intergral de la afasia,

como un trastorno neurolingüístico, que se caracteriza por la pérdida total o parcial de la capacidad de comprender o utilizar el lenguaje ya formado. Cabe destacar que la afasia se presenta en personas que ya poseen un lenguaje estructurado y a pesar que algunas veces se presenta en niños por lo general es padecida por personas mayores de 40 años.

La afasia ocurre casi siempre como el resultado de un accidente cerebrovascular o traumatismo encefalocraneano, pero también se puede desarrollar lentamente, como en el caso de un tumor cerebral (NIDCD, 2009). El trastorno deteriora la expresión y comprensión del idioma y también la lectura y escritura. La afasia podría ocurrir en conjunto con otros trastornos de habla, como la disartria o la apraxia del habla, que también son resultados de daño cerebral (Ardila, 2006). La afasia afecta siempre en mayor o menor medida a la actividad codificadora como a la decodificadora. Es una patología regresiva, es decir, que afecta a un individuo que poseía previamente un dominio completo y normal de una lengua (o más de una) (NIDCD, 2009).

A.2.1. Clasificación de la afasia

Desde los tiempos de las investigaciones realizadas por Wernicke y Broca, los investigadores clínicos han mostrado una tendencia notoria a separar variedades de afasia con base en las características del lenguaje (Ardila, 2006). Sin embargo, un síndrome exacto es tan infrecuente en la afasia como en cualquier otro trastorno neuropsicológico o neurológico. De hecho, al menos la mitad de los trastornos afásicos hallados en la práctica clínica, deben considerarse como afasias mixtas.

Los primeros sistemas de clasificación fueron el resultado de algunos intentos por demostrar una relación entre la alteración de conducta comunicativa y un área específica del cerebro, señalando que el daño en áreas localizadas e invariables daba como resultado déficits de lenguaje específicos y delimitables, tales posturas eran definitivamente de corte localizacionista (Helm-Estabrooks y Albert, 2005). Con el tiempo, las herramientas diagnósticas mejoraron para la detección de sitios de daño y la clínica con perfiles estrictamente localizacionistas fue desplazada por métodos de neurodiagnóstico anatómico como los de neuroimagen y, de manera más reciente, métodos funcionales como la tomografía por emisión de positrones, tomografía por emisión de fotón único, magnetoencefalografía y resonancia magnética funcional, entre otros. Además, el interés de otras disciplinas como la lingüística y la psicología cognoscitiva en el estudio de las afasias, nos lleva a reflexionar sobre la necesidad de contar con diferentes sistemas taxonómicos o diferentes consideraciones sobre tipos y subtipos clínicos (Helm-Estabrooks y Albert, 2005).

Diferentes variedades de afasia han sido propuestas en la literatura. Más aún, un

mismo nombre ha llegado a ser utilizado en dos clasificaciones distintas para referirse a síndromes clínicos radicalmente diferentes. Para el desarrollo de este trabajo se utilizó la clasificación hecha por Alexander Luria, quién fue el pionero en los estudios de investigación de la afasia y cuya clasificación es utilizada en la actualidad (Ardila, 2006).

Luria (1976) distingue siete tipos de afasias, como resultado de las observaciones de un grupo de pacientes heridos de guerra, elaboró una “diagramación” precisa de la situación de las lesiones y las características lingüísticas de los pacientes. Toma en cuenta distintos procesos como eslabones de la función tanto expresiva como receptiva del lenguaje. Un resumen de esta clasificación se puede observar en la tabla A.1.

A.2.1.1. Motora Eferente

Está dañada un área relativamente pequeña en la parte posterior del lóbulo frontal, algo que afecta a la motricidad del habla. El paciente tiene gran dificultad para articular palabras. Logra pronunciar un par de fonemas o alguna palabra corta antes de quedarse bloqueado. La comprensión y la lectura están con frecuencia intactas pero la escritura está afectada en el mismo grado que el habla (Luria, 1976).



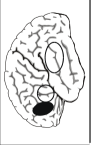
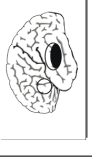
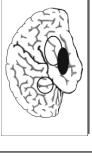
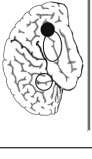
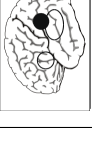
A.2.1.2. Motora Aferente

Está dañada la parte anterior del lóbulo parietal, lo que afecta al mecanismo de control del habla. El cerebro no recibe la información sobre los movimientos de los órganos del habla y el paciente busca en vano la articulación correcta. Expresiones espontáneas como el sí, no, hola, funcionan bien (Luria, 1976).

A.2.1.3. Dinámica

Un daño en la parte anterior del lóbulo frontal conduce a una forma difícil de afasia denominada afasia dinámica. La voluntad del paciente para comunicar está disminuida. El paciente tarda en responder y no toma la iniciativa para hablar o escribir. La comprensión y la lectura funcionan sólo cuando se ha logrado captar el interés y la atención del afectado (Luria, 1976).

Tabla A.1: Resumen de la clasificación de las afasias según Luria (1976)

Aspecto	Motora Eferente	Motora Aferente	Dinámica	Acústico Agnósica	Acústico Amnésica	Amnésica o Anómica	Semántica
Área del Cerebro							
Lenguaje Expresivo							
Espontáneo	No fluente, parafrasis fonémicas	No fluente, búsqueda de punto y modo	Producción sin esfuerzo	Fluente, jergafasia, neologismos	Fluente, Sin clave primera sílaba	Fluente con clave primera sílaba	Fluente con algunas anomias
Repetición	Deficiente	Deficiente	Normal	Deficiente	Deficiente Cadenas largas	Normal	Normal
Denominación	Normal con parafrasis señalada	Normal con parafrasis señalada	Normal	Deficiente con parafrasis señalada	Normal	Muy deficiente, parafrasis semánticas y circunloquios	Deficiente, parafrasis semánticas
Lenguaje Receptivo							
Discriminación Puntos de Articulación	Normal	Normal	Normal	Muy deficiente	Normal	Normal	Normal
Identificación Significado de Palabras	Normal	Normal	Normal	Deficiente	Normal	Normal	Normal
Compresión de relaciones lógicogramaticales	Puede estar afectada	Normal	Normal	Deficiente	Deficiente	Puede estar afectada	Muy deficiente

A.2.1.4. Acústico Agnósica

Está dañada la parte superior del lóbulo temporal, lo que afecta en primer lugar a la capacidad de distinguir fonemas, por ej., el paciente tiene dificultad para distinguir entre palabras parecidas como noche y coche. El paciente habla con fluidez pero le es difícil controlar si lo que dice está bien o no. El paciente entiende mejor frases enteras que palabras sueltas. Escritura y lectura funcionan a menudo relativamente bien (Luria, 1976).

A.2.1.5. Acústico Amnésica

El daño en la parte media del lóbulo temporal reduce la capacidad de comprender palabras. El paciente oye las palabras, las sabe repetir pero no entiende sus significados. El paciente tiene grandes dificultades para seleccionar la palabra correcta. Pronuncia una palabra pensando en otra. Cuando el daño afecta a un área extendida del lóbulo temporal, el paciente pronuncia palabras y frases que carecen de sentido sin darse cuenta de ello. La escritura se parece al habla. A menudo el paciente lee aparentemente bien pero sin entender mucho el contenido (Luria, 1976).

A.2.1.6. Amnésica o Anómica

No existen problemas de comprensión, repetición, producción. Esencialmente, el paciente no puede denominar, es decir recordar palabras de nombres de objetos. Para la función denominativa se necesita percepción de los objetos con sus características dominantes, una imagen visual (conceptual) íntegra, un sistema de asociaciones y relaciones multimodales, un sistema de conexiones léxicosemánticas y morfosintácticas (Luria, 1976).

El proceso de nombrar requiere de la selección del nombre entre una serie de alternativas posibles, se debe tomar una decisión. En este caso no se presenta una enajenación del sentido de las palabras, el paciente sabe a qué se refieren las otras personas, puede señalar el objeto correcto cuando se le pide; pero al denominar, a pesar de que él sabe de qué palabra se trata, recurre a descripciones de uso, mímica, circunloquios, e incluso sinónimos. Un signo medular es justamente la presencia de parafasias semánticas. El paciente dice otro nombre dentro del mismo campo semántico (silla por mesa, por ejemplo).

A.2.1.7. Semántica

Un daño en el área entre el lóbulo parietal, temporal y occipital produce dificultades de la comprensión del discurso y de ciertas estructuras lógico-gramaticales. El paciente comprende el significado de palabras sueltas pero no el significado dado en frases donde las relaciones sintácticas son importantes. Además el paciente tiene

dificultades para calcular y comprender, por ej., palabras que se refieren a relaciones espaciales como sobre, debajo, al lado de. El habla es bastante fluida pero el paciente no encuentra algunas palabras y tiene dificultades para formular frases complejas. Lo mismo ocurre en escritura pero además el paciente puede tener dificultades configurar letras correctamente. La comprensión de textos es la misma que la comprensión del habla (Luria, 1976).

A.3. Rehabilitación de la Afasia

La rehabilitación de la afasia posee diversas áreas de enfoque, una de ellas es la terapia de rehabilitación cognitiva. Las terapias no farmacológicas han demostrado su eficacia en la recuperación de las alteraciones cognitivas (Helm-Estabrooks y Albert, 2005). La lista de modalidades de terapia es amplia, incluyendo orientación a la realidad; la reminiscencia; la validación; la modificación de conducta; la psicomotricidad; la psicoestimulación integral; la musicoterapia, etc. Cada propuesta supone un apoyo a las demás, y en lugar de competir, se considera que cada una aporta un beneficio distinto al paciente (Helm-Estabrooks y Albert, 2005). Según la etapa de la afasia en la que se encuentre, su perfil neuropsicológico, y su sintomatología, unas aproximaciones pueden ser más aconsejables que otras, por lo que todas ellas se complementan entre sí.

El objetivo de las terapias no farmacológicas es claro: mejorar la calidad de vida, promover la autonomía, detener el deterioro cognitivo en las enfermedades neurodegenerativas, e incluso, mejorar dicho rendimiento en el daño cerebral adquirido, en el deterioro cognoscitivo leve y en las demencias reversibles. Los objetivos de la terapia de estimulación cognitiva son (Helm-Estabrooks y Albert, 2005):

- Mantener las capacidades mentales
- Rehabilitar los procesos psicológicos
- Evitar el aislamiento del entorno
- Potenciar las relaciones sociales
- Aumentar la independencia y autonomía personal
- Reducir el estrés
- Generar sentimientos de control sobre el entorno y reducir la indefensión
- Incrementar la capacidad funcional y el desempeño en las tareas cotidianas
- Mejorar el sentimiento de bienestar emocional, psicológico y de salud general

- Mejorar la calidad de vida del paciente
- Mejorar la calidad de vida de los cuidadores

Las intervenciones cognitivas son un conjunto de métodos y estrategias que pretenden optimizar la capacidad intelectual general del paciente y los procesos psicológicos particulares: la memoria, la atención, el lenguaje, las funciones ejecutivas, la percepción, las praxias, la visoconstrucción, etcétera (Marrón, Alisente, Izaguirre y Rodríguez, 2009). Existen 2 enfoques claros de las intervenciones terapéuticas cognitivas: la primera, Abordaje Funcional, que incluye la terapia de Orientación a la Realidad, de Reminiscencia y Conductual; la segunda, Abordaje propiamente Cognitivo, que incluye la terapia de Estimulación Cognitiva y Neuropsicológica Individual. Una explicación detallada expuesta por Marrón et al. (2009) de cada tipo de terapia se presenta a continuación:

- **Terapia de Orientación a la Realidad:** Este enfoque pretende reducir la desorientación espacial, temporal y personal suministrando constantemente al paciente información sobre su entorno. El paciente recibe principalmente información de la realidad de tres tipos: Temporal, donde se adquiere información relacionada con el tiempo; Espacial, donde se presenta información de lugares y ubicación; Personal, donde se adquiere información inherente al paciente, como su nombre, apellidos y fecha de nacimiento, entre otros.
- **Terapia de Reminiscencia:** La estructura general de la Reminiscencia requiere dos pasos. Primero, se le enseña al paciente un material, como una fotografía o el relato de un suceso histórico, vinculados con su propia experiencia o con los acontecimientos experimentados por su generación. Segundo, a partir de ese material, el paciente evocará una serie de recuerdos asociados y hará comentarios personales.
- **Terapia Conductual:** Tiene como propósito eliminar los comportamientos perniciosos del paciente y potenciar los deseables. Esta aproximación comienza realizando un análisis funcional de la conducta. Mediante la observación minuciosa, se detectan cuales son los desencadenantes de un comportamiento disfuncional del paciente, como por ejemplo puede ser la deambulación o la agresividad verbal. A partir del análisis, se desarrolla un plan específico de intervención basado en recompensar otras conductas deseadas y en la extinción de la conducta no deseada.
- **Terapia de Estimulación Cognitiva:** La estimulación cognitiva puede definirse como la ejecución de actividades programadas que han sido diseñadas para el mantenimiento y mejora de los procesos cognitivos básicos, como la memoria, la atención, el lenguaje, el razonamiento, la percepción, las praxias, el cálculo, la lectoescritura o la visoconstrucción. Estimular y mantener las

capacidades mentales redundará en una mejoría de las habilidades funcionales de los pacientes en las tareas cotidianas.

La estimulación debe desligarse de un concepto de recepción pasiva de información. Muy al contrario, los participantes en talleres de estimulación cognitiva se enfrentan a tareas que requieren esfuerzo y actividad intelectual, con independencia de que el nivel de dificultad de la tarea que afrontan esté ajustado a sus capacidades.

- **Terapia Neuropsicológica Individual:** A diferencia de la estimulación cognitiva, la terapia neuropsicológica constituye una intervención de carácter completamente individualizado. Es llevada a cabo por un neuropsicólogo especialista. Las sesiones son individuales, dedicadas a un único paciente. El neuropsicólogo utiliza una estrategia de trabajo productiva, guiándose por el método científico y utilizando los modelos teóricos pertenecientes a la Neuropsicología Cognitiva.

A.3.1. Aspectos importantes de las terapias

No existe un modelo de terapias único el cuál deba ser seguido, sin embargo Ardila (2006), propone los siguientes aspectos que deben ser tomados en cuenta a la hora de realizar un proceso terapéutico de un paciente con Afasia:

1. **Modelos teóricos de partida:** El terapeuta ha de sustentar su intervención en el conocimiento de modelos teóricos provenientes de la neuropsicología cognitiva.
2. **Orden de prioridades:** Es apropiado realizar una lista de objetivos para la terapia que esté secuenciada según las necesidades de intervención más inminentes (lo más importante primero) y según la jerarquía de los procesos (los procesos de base se tratan antes, los secundarios después.)
3. **Entrenamiento gradual progresivo:** En la medida de lo posible, la cantidad de ayuda proporcionada por el terapeuta desaparecerá gradualmente con el avance de la intervención.
4. **Entrenamiento adaptado:** Independientemente de que la terapia tenga lugar en grupos homogéneos o en sesiones individuales, las actividades de rehabilitación deberán estar enfocadas a las necesidades y motivaciones de las personas.
5. **Habilidades conservadas:** En la rehabilitación del deterioro cognoscitivo es necesario además de conocer las áreas afectadas, tener en cuenta especialmente las habilidades preservadas por el sujeto. Es importante utilizar dichas habilidades para utilizarlas en los puntos donde el paciente tenga mayor problema.

6. **Intervención precoz:** Las posibilidades de recuperación y los beneficios del tratamiento son mayores cuanto antes se inicie la rehabilitación y estimulación cognitiva.
7. **Duración suficiente:** El tratamiento de rehabilitación neuropsicológica y estimulación cognitiva se prolonga en el tiempo por el perfil de los pacientes.
8. **Feedback inmediato:** Durante la ejecución de una actividad, la mayoría de los pacientes necesitan retroalimentación acerca de sus resultados.
9. **Recompensar la ejecución:** El terapeuta ha de emplear el refuerzo social positivo, con alabanzas y reconocimiento del trabajo. No sólo hay que recompensar la conducta de la persona en caso de éxito, cuando completa bien una actividad, sino que quizás es más necesario recompensar el esfuerzo realizado cuando no se hayan logrado todos los objetivos de la tarea que inicialmente se pretendían.
10. **Orden de las actividades:** En una única sesión de trabajo, el orden de las actividades planteado por el terapeuta reviste de importancia. Como pauta general, se puede comenzar y finalizar la sesión con actividades en un nivel que garantice el correcto desempeño de los sujetos. En las etapas intermedias de la sesión, la dificultad de las tareas puede ser creciente. Así se logra motivar y recompensar su rendimiento.
11. **Evaluación permanente:** Cada sesión de trabajo y cada actividad planteada a la persona constituye una fuente de información sobre su perfil cognitivo, de tal modo que podemos ampliar o matizar los resultados de la evaluación inicial.
12. **Revisión periódica:** De una manera cíclica se debe supervisar qué objetivos de la intervención se han alcanzado, qué objetivos hay que reformular por no ser realistas según el estado del paciente o qué objetivos se pueden ampliar gracias a las mejoras obtenidas.
13. **Interdisciplinariedad:** Siempre que sea posible, el tratamiento ha de considerarse de una manera integral y elaborar un plan conjunto de intervención que implique a todo el equipo de terapeutas: médicos, neurólogos, geriatras, psiquiatras, neuropsicólogos, fisioterapeutas, logopedas, terapeutas ocupacionales, trabajadores sociales, enfermeros, auxiliares, etc.
14. **Implicación familiar:** La familia y cuidadores del paciente son la fuente de información más importante sobre el estado de la persona en su ámbito cotidiano, pero además, en muchas ocasiones pueden participar en el proceso de rehabilitación siguiendo tareas para casa o atendiendo al consejo de los terapeutas sobre cómo manejar los síntomas cuando se ponen de manifiesto en el domicilio.

15. **Emoción y conducta:** El terapeuta cognitivo necesita tener en cuenta los procesos afectivos y motivacionales del paciente, pues repercuten sustancialmente en todo el proceso de rehabilitación.

A.3.2. Tipos de terapia

La rehabilitación de la afasia puede adoptar distintas formas y seguir diferentes estrategias. Son distintas maneras de entender el proceso y la finalidad de la terapia, estas maneras propuestas por Marrón et al. (2009) son:

A.3.2.1. Restauración

Desde esta estrategia, se considera que los procesos cognitivos alterados pueden recuperarse mediante la estimulación. Si se realizan los ejercicios oportunos de un modo repetitivo, se lograrán reactivar los circuitos cerebrales dañados por la lesión o la enfermedad. Éste modo de trabajo es apropiado, por ejemplo, en pacientes jóvenes y daños cerebrales menores.

A.3.2.2. Compensación

Cuando una función cognitiva no puede ser recuperada, se potencia el uso de ayudas externas que eliminan o reducen al mínimo la necesidad de usar esa facultad mental. Es decir, se trata de que la persona realice una actividad útil para su vida cotidiana, pero ayudándose de dispositivos externos (como por ejemplo, las agendas) que disminuyen la necesidad de utilizar el proceso cognitivo alterado (en este ejemplo, la memoria prospectiva). El propósito es meramente funcional y no se persigue la recuperación de la función dañada al nivel pre mórbido.

A.3.2.3. Sustitución – Optimización

Cuando tiene lugar una lesión cerebral, los procesos cognitivos no se destruyen por completo. Por un lado, quedan remanentes, es decir, sub-procesos aún operativos dentro de la capacidad general dañada. Y por otro, quedan otras funciones intelectuales completamente intactas. Se trata de utilizar esas reservas neurológicas, tanto las del proceso cognitivo general alterado como las de los procesos cognitivos intactos con el fin de mejorar el rendimiento general. Por ejemplo, una persona con difi cultades generales de memoria pero con mejor preservación de la memoria visual frente a la verbal, puede ser entrenada para utilizar mnemotécnicas visuales que optimicen el rendimiento de la memoria verbal.

A.4. Comunicación Aumentativa y Alternativa (CAA)

La comunicación aumentativa y alternativa (CAA) es el conjunto de formas, estrategias y métodos de comunicación utilizados por personas con discapacidades específicas que no les permiten la comunicación a través del lenguaje y/o del habla (Larraz, 2006). En cualquier método de CAA se deben tener en cuenta las siguientes premisas (Garrett y Beukelman, 1992):

1. La comunicación es un proceso holístico, y deberá ser considerada en el contexto familiar y social, así como en relación al estilo de vida y a los objetivos de cada persona.
2. El objetivo principal de la intervención es la mejora de la participación del individuo en actividades importantes para él.
3. Se debe hacer hincapié en la comunicación de la intencionalidad y del significado.
4. La intervención utilizará las habilidades residuales en vez de centrarse en el déficit.
5. Es importante proporcionar oportunidades para que la comunicación ocurra.
6. Un interlocutor bien preparado puede determinar el éxito de un proceso comunicativo, es decir, puede hacer que ocurra efectivamente o no.
7. La comunicación es un proceso multimodal, que incluye las técnicas, sistemas y estrategias de CAA y el habla natural.
8. La comunicación es ideosincrásica e individual.

Teniendo en cuenta estas premisas los sistemas y técnicas de CAA tratan de aplicarlas haciendo uso de las habilidades preservadas que poseen las personas afásicas. Estas habilidades suelen clasificarse de la siguiente forma (Basil et al., 2004):

- **Habilidades lingüísticas:** Estas habilidades son las palabras y estructuras que permanecen después del incidente que causa la afasia y reaparecen, aunque desorganizadas, en situaciones emocionales y contextuales. Además deben considerarse dentro de este tipo de habilidades, las no verbales, que son desarrolladas como medio de comunicación, entre las que encontramos los gestos, las expresiones faciales y las vocalizaciones.
- **Habilidades motoras:** Estas incluyen la capacidad de gesticular, señalar objetos y personas. Suelen mantenerse a pesar de que la persona haya sufrido otras consecuencias como hemiparesia o parálisis.

- **Habilidades sensoriales:** Estas habilidades son las relacionadas con los sentidos, principalmente las visuales y auditivas. De este tipo de habilidades depende el tipo de sistema de CAA a utilizar y cuyos déficit decidirán el grado de utilización.
- **Habilidades perceptivas:** Hacen referencia a las habilidades como dibujar, reconocimiento de imágenes o símbolos, el mantenimiento de las nociones de tamaño, cantidad, forma y calidad.
- **Habilidades pragmáticas:** Implican el funcionamiento del proceso de comunicación y la conservación o limitaciones de la intención comunicativa.
- **Habilidades experienciales:** Se refieren al conocimiento que el individuo tiene del mundo, a sus experiencias, rutinas de vida, trabajo y familia, entre otros.

Haciendo uso de estas habilidades y teniendo en cuenta las particularidades de la personas con afasia, se han desarrollado diferentes sistemas de comunicación aumentativa y alternativa, entre los que se destacan los siguientes (Cook et al., 2008):

- **Sistema de Comunicación por Intercambio de Figuras/Imágenes (PECS):** Sistema en el cual se le enseña con tarjetas e imágenes, métodos de comunicación sobre representaciones de deseos, intereses, motivaciones, a través de figuras como dibujos sencillos en color, pictogramas S.P.C. u otros, fotos, objetos reales plastificados.
- **Sistema PIC (Pictogram Ideogram Communication):** Es un sistema simbólico de comunicación muy popular en los países nórdicos. Consiste en dibujos blancos estilizados utilizados sobre fondo negro y el concepto está escrita en blanco. El sistema combina símbolos pictográficos e ideográficos.
- **Sistema SPC (Picture Communication Symbols):** Sistema elaborado por Roxana Mayer-Johnson en 1981, basado principalmente en símbolos pictográficos (dibujos sencillos e icónicos) que representan la realidad. Se complementan con algunos ideogramas y con el abecedario, los números y algunas palabras carentes de símbolo. Cada pictograma lleva escrito la palabra, aunque en algunos conceptos abstractos tan solo aparecen las palabras.
- **Sistema Bliss:** El sistema en sus aspectos gráficos se basa en: Formas geométricas básicas y sus segmentos, formas adicionales y símbolos internacionales como números, signos de puntuación flechas y en cuanto. En lo referente al nivel sintáctico, El sistema Bliss posee una sintaxis propia, que le diferencia del castellano y es recogida en Semantography CITAR A BLISS.

Estos tipos de sistemas, han sido adaptados en diversos dispositivos de CAA, haciendo uso de comunicadores externos con voz sintética o tableros pictográficos (Cook et al., 2008) o de ayudas básicas y de bajo costo como trípticos, cuadernos personalizados, hules, cuadros transparentes (ETRAN), big mack entre muchos otros que buscan generar mejor acceso e interacción con los sistemas de CAA.

Apéndice B

HCI e Interacción Multimodal

RESUMEN: La interacción humano computador es el estudio de la interacción entre personas y computadores. Se nutre de diferentes disciplinas como Ciencias de la Computación, Inteligencia Artificial, Visión por Computador, Diseño de Interfaces, Usabilidad, Ergonomía, Neurociencia, Diseño, Ingeniería, Antropología, Lingüística y Psicología Cognitiva, entre otras (Sebe et al., 2006).

B.1. Interacción Humano Computador e Interacción Multimodal

Dentro del estudio de la Interacción Humano Computador, Dix, Finlay, Abowd y Beale (2005) concluye que los investigadores en HCI, están interesados en desarrollar nuevas metodologías de diseño, experimentar con nuevos dispositivos de hardware, crear prototipos de nuevos sistemas de software, explorar nuevos paradigmas de interacción y desarrollar modelos y teorías de interacción. Además identifica que los objetivos de HCI son:

1. Mejorar la interacción entre usuarios y equipos haciendo los computadores más usables y receptivos a las necesidades del usuario.
2. Desarrollar metodologías y procesos para el diseño de interfaces.
3. El desarrollo de nuevas interfaces y técnicas de interacción.
4. El desarrollo de modelos predictivos y descriptivos de teorías de interacción.
5. Generar nuevos métodos para la implementación de interfaces.

En el diseño de HCI se utilizan diferentes tipos de paradigmas, que han evolucionado a través del tiempo. En la actualidad encontramos diversos paradigmas de interacción centrados en el uso de la tecnología existente, estos paradigmas son: móviles, multimodales, compartidas, tangibles, realidad aumentada y mixta, usable y robótica (Sharp et al., 2002).

B.1.1. Interacción Multimodal

La Interacción Multimodal o Multimodalidad consiste en un proceso en el cual diversos dispositivos y personas son capaces de llevar a cabo una interacción (auditiva, visual, táctil y gestual) conjunta desde cualquier sitio, en cualquier momento, utilizando cualquier dispositivo y de forma accesible, incrementando así la interacción entre personas, y entre dispositivos y personas (Dumas, Lalanne y Oviatt, 2009).

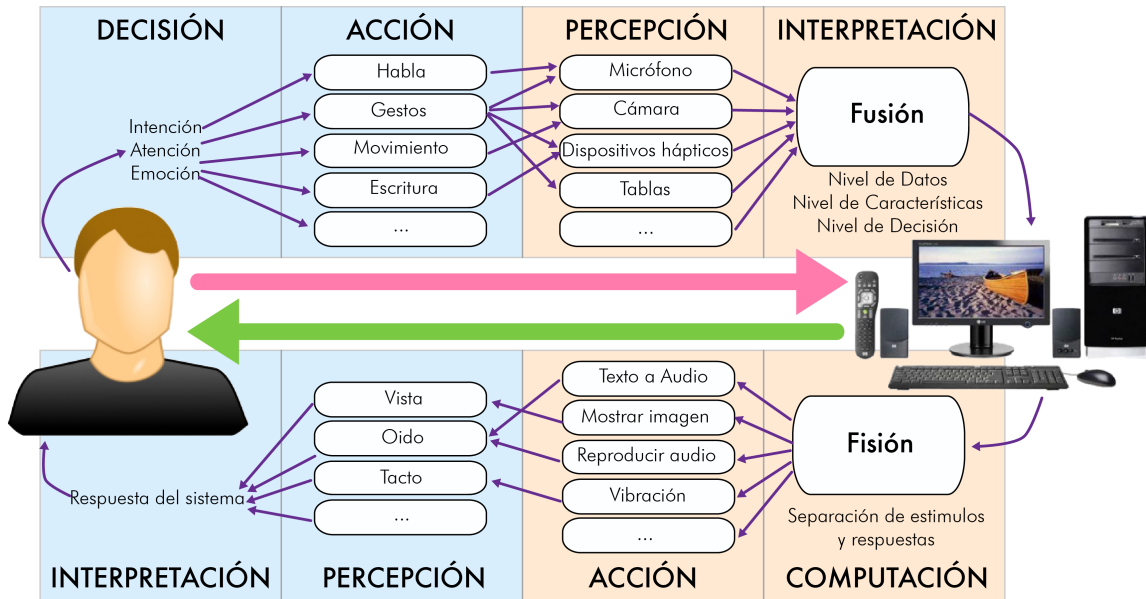
El usuario a través de la interacción multimodal puede determinar el modo o modos de interacción que quiere utilizar para acceder a la información, lo que extiende y mejora la interfaz del usuario ya que se hace posible la utilización conjunta de la voz, el vídeo y otros tipos de dispositivos de introducción de datos como teclados, ratones, lápices, pantallas táctiles, etc (Dumas et al., 2009).

Literalmente, la interacción multimodal ofrece una serie de "modalidades.^a los usuarios para que puedan interactuar con la máquina. Según Oviatt, Cohen, Wu, Vergo, Duncan, Suhm, Bers, Holzman, Winograd, Landay, Larson y Ferro (2000): *"Interfaces multimodales procesan dos o más modos combinados de entrada del usuario (por ejemplo, voz, el lápiz, el tacto, gestos manuales, la mirada, la cabeza y los movimientos del cuerpo) en una forma coordinada con la salida del sistema multimedia. Estas son una nueva clase de interfaces que tienen como objetivo reconocer las formas que ocurren naturalmente del lenguaje humano y su comportamiento, y que incorporan uno o más tecnologías basadas en el reconocimiento."*

En comparación con otros tipos de interacción humano computador, la interacción multimodal busca ofrecer a los usuarios una interacción más natural y transparente, utilizando el habla, los gestos y la dirección de la mirada, entre otros. Por lo tanto, se espera que las interfaces multimodales ofrezcan una manera más fácil, más expresiva, más intuitiva y de gran alcance para usar las computadoras. Los sistemas multimodales tienen el potencial de mejorar la interacción humano computador en diferentes maneras (Antonín, 2003):

- Mejora en la robustez debido a la combinación de diferentes fuentes de información parciales.
- Personalización flexible en función del usuario y el contexto;

Figura B.1: Representación del ciclo de interacción de un sistema multimodal según Norman (2002)



- Nuevas funcionalidades involucrando la participación multiusuario y la interacción móvil.

Inspirado por el ciclo de acción de Norman (2002), y con base en los resultados de una buena aceptación y taxonomías (Antonín, 2003), el siguiente modelo de interacción multimodal y comunicación humano computador puede ser utilizado, junto con los conceptos más importantes que se deben considerar al construir un sistema multimodal (ver figura B.1): la fusión de entradas multimodales, y la generación de salidas multimodal para generar un mensaje adecuado para el usuario, de acuerdo con el contexto de uso, sus preferencias y perfil.

Cuando un usuario interactúa con una máquina, su comunicación se puede dividir en cuatro estados diferentes. El primer estado es un estado de decisión, en el que se prepara el contenido del mensaje de comunicación conscientemente por una intención, o inconscientemente para el contenido de la atención o emociones. El segundo estado es el estado de la acción, donde el medio de comunicación para transmitir el mensaje son seleccionados, tales como el habla, los gestos o expresiones faciales. La máquina, a su vez, hará uso de una serie de diferentes módulos de captar el máximo de información posible de un usuario, y tendrá similarmente cuatro estados principales (Figura B.1). Al principio, los mensajes son interpretados en el estado de la percepción, donde el sistema multimodal recibe información de uno o varios sensores, en uno o varios niveles de expresión. En el estado de interpretación, el sistema multimodal a tratar de dar sentido a las diferentes informaciones que recogió

en el estado de percepción. Este es típicamente el lugar donde la fusión de mensajes multimodales se lleva a cabo. Además, en el estado de cálculo, se toman medidas siguiendo la lógica de negocio y las reglas de diálogo del Administrador definidos por el desarrollador. Dependiendo del significado extraído en el estado interpretación, una respuesta es generada y transmitida en el estado de acción, en el que un motor de desintegración determinará las modalidades más pertinentes para devolver el mensaje, en función del contexto de uso (por ejemplo, en el coche, la oficina , etc) y el perfil del usuario (usuario ciego, personas mayores, etc.) (Antonín, 2003).

Apéndice C

Diseño de interfaces

RESUMEN: El diseño de interfaces como estudio centrado en la Interacción Humano Máquina, puede ser clasificado desde lo cualitativo como desde lo cuantitativo. El estudio de la interfaces de modo cuantitativo está centrado en los requerimientos del usuario (Interfaces de Usuario), mientras que el modo cualitativo está centrado en los fines o tareas a realizar y los propios del sistema (Interfaces Gráficas de Usuario) (Tidwell, 2010).

C.1. Interfaz de Usuario

El diseño de la interfaz del usuario es la categoría del diseño que creó un medio de comunicación entre el hombre y la máquina. Con un conjunto de principios para el diseño de la interfaz, el diseño identifica los objetos y acciones de la interfaz y crea un formato de pantalla que formará la base del prototipo de la interfaz de usuario. Si el software es difícil de usar, se obliga a cometer errores o causa frustración para conseguir los objetivos, no será de agrado, independientemente de la potencia informática que demuestre o de la funcionalidad que ofrezca (Tidwell, 2010).

Dado que la interfaz es lo que da forma a la percepción del software por parte del usuario, tiene que estar bien diseñada. Es cierto que las interfaces gráficas, ventanas, iconos y selecciones con el ratón han eliminado muchos problemas con la interfaz, pero incluso encontramos interfaces gráficas confusas, difíciles de usar y en muchos casos frustrantes.

Algunos autores como Tidwell (2010), Shneiderman et al. (2005) y Sommerville y Galipienso (2005) definen tres reglas principales para el diseño de la interfaz de usuario: dar el control al usuario, reducir la carga de memoria del usuario y construir una interfaz consecuente.

C.1.1. Dar el control al usuario

Los usuarios necesitan que el sistema les lea la mente, que conozca lo que quieren hacer antes de necesitarlo y que le facilite hacerlo. En pocas palabras lo que el usuario quiere es controlar la computadora y no dejar que la computadora lo controle Tidwell (2010).

Se debe tener en cuenta que la mayor parte de las restricciones y limitaciones impuestas por el diseñador se han pensado para simplificar el modo de interacción, si embargo en muchos casos el objetivo es simplificar la implementación de la interfaz, sin tener en cuenta que puede ser muy fácil de implementar pero muy difícil de utilizar Tidwell (2010). Para ello existen ciertos principios de diseño que permiten darle el control al usuario:

1. Definir los modos de interacción de manera que no obligue a que el usuario realice acciones innecesarias y no deseadas.
2. Tener en consideración interacciones flexibles.
3. Permitir que la interacción del usuario se pueda interrumpir y deshacer.
4. Aligerar la interacción a medida que avanza el nivel del conocimiento y permitir personalizar la interacción.
5. Ocultar al usuario ocasional los detalles técnicos.
6. Diseñar la interacción directa con los objetos que aparecen en pantalla.

C.1.2. Reducir la carga de memoria del usuario

Cuanto más tenga que recordar un usuario, su interacción con un sistema es más propensa a errores. Esta es la razón por la que una interfaz de usuario bien diseñada no pondrá a prueba la memoria del usuario. Siempre que sea posible, el sistema deberá *recordar* la información pertinente y ayudar a que el usuario recuerde mediante un escenario de interacción Tidwell (2010).

Mandel (1997) define los principios de diseño que hacen posible que una interfaz reduzca la carga de memoria del usuario:

1. Reducir la demanda de memoria a corto plazo.
2. Establecer valores por defecto útiles.
3. Definir las deficiencias que sean intuitivas.

4. El formato visual de la interfaz se deberá basar en una metáfora del mundo real.
5. Desglosar la información de manera progresiva.

C.1.3. Construir una interfaz consecuente

La interfaz deberá adquirir y presentar la información de forma consecuente. Esto implica: primero, que toda la información visual esté organizada de acuerdo con el diseño estándar que se mantiene en todas las presentaciones de pantallas; segundo, que todos los mecanismos de entrada se limiten a un conjunto limitado y que se utilicen consecuentemente por toda la aplicación, y tercero, que los mecanismos para ir de tarea a tarea se hayan definido e implementado consecuentemente Tidwell (2010).

Mandel (1997) define los principios de diseño que hacen posible define un conjunto de principios de diseño que ayudar a construir una interfaz consecuente:

1. Permitir que el usuario realice una tarea en el contexto adecuado.
2. Mantener la consistencia en toda la familia de aplicaciones.
3. Toda la información visual debe estar organizada de acuerdo con el diseño estándar que se mantiene en todas las presentaciones de pantallas.

C.2. Interfaz Gráfica de Usuario

El uso de tipografía, símbolos, color y otros gráficos estáticos y dinámicos son comúnmente usados para expresar hechos, conceptos y emociones dentro de una interfaz gráfica de usuario. Esto compone un diseño gráfico sistemático orientado a la información que ayuda a la gente a comprender información compleja (Petrelli, 2006).

La comunicación visual efectiva para un sistema se basa en algunos principios básicos de diseño gráfico. Concretamente, existen tres factores que pueden considerarse para el diseño de una interfaz gráfica de usuario correcta: factores de desarrollo, factores de viabilidad y factores de aceptación.

Los factores de desarrollo ayudan a mejorar la comunicación visual. Esto incluye kits de herramientas y librerías de componentes, soportes para un rápido prototipado, y adaptabilidad. Los factores de viabilidad tienen en cuenta factores humanos y expresan una fuerte identidad visual. Esto incluye: habilidades humanas, la identidad del producto, un claro modelo conceptual, y múltiples representaciones. Como

factores de aceptación están la política de las compañías o grupo de usuarios, los mercados internacionales, la documentación y entrenamiento (Petrelli, 2006).

Además de dichos factores, el lenguaje visible comprende una serie de herramientas y técnicas gráficas utilizadas para comunicar un mensaje. Esto incluye (Martin, 1998):

- **Disposición o Layout:** Formatos, proporciones, y mallas (grids).
- **Organización:** Ya sea 2D y 3D.
- **Tipografía:** Selección de tipos de letra y estilos, incluyendo la anchura fija y variable.
- **Color y Textura:** Color, textura y luminancia aportan información compleja y realidad pictorial.
- **Imágenes:** Signos, iconos y símbolos, desde lo fotográficamente real a lo abstracto.
- **Animación:** Imágenes en movimiento para destacar elementos o acciones.
- **Un display dinámico o cinético:** Importante en la utilización de imágenes relacionadas con el vídeo.
- **Secuenciamiento:** el aproximamiento total del secuenciamiento visual al secuenciamiento lógico.
- **Sonido:** abstracto, vocal, concreto, o musical.
- **Identidad Visual:** las reglas adicionales y únicas que proporcionan consistencia de conjunto a una interfaz de usuario.

C.2.1. Principios del diseño de la GUI

Existen tres principios fundamentales relacionados en el uso del lenguaje visible y por lo tanto con el diseño de las GUI: Organizar, proveer al usuario de una estructura conceptual clara y consistente, economizar, hacer lo máximo con la menor cantidad de elementos y comunicar, ajustar la presentación a las capacidades del usuario (Martin, 1998).

Para el principio de organizar se tienen 4 conceptos importantes: Consistencia, disposición de la pantalla, relaciones y navegabilidad. La *consistencia* es cualquier cosa que se pueda hacer para evitar que el usuario se confunda o se pierda durante la

utilización de la GUI. La *disposición de la pantalla* es la organización de los elementos gráficos en la pantalla. Las *relaciones* son los vínculos existentes e inexistentes entre los elementos gráfico. Finalmente, la *navegabilidad* que está relacionada con la disposición de la pantalla para guiar al usuario en la forma de utilizar la interfaz y brindar focos de atención (Petrelli, 2006).

Para el principio de economizar, se tienen también cuatro conceptos aplicables: simplicidad, claridad, singularidad y énfasis. La *simplicidad* parte de la inclusión únicamente los elementos que son más importantes para la comunicación descartando los que pueden generar obstrucción. La *claridad* parte que todos los componentes deben ser diseñados para que su significado no sea ambiguo. La *singularidad* parte que las propiedades de los diversos elementos deben poseer características únicas que lo identifiquen. Finalmente, el *énfasis* dicta que los elementos más importantes deben ser fácilmente percibidos, tratando de minimizar los elementos que no requieren atención (Petrelli, 2006).

Finalmente, para el principio de comunicar, se debe mantener un balance entre legibilidad, tipografía, simbolismo, múltiples vistas, y color o textura. La *legibilidad* trata que las pantallas sean fáciles de interpretar y leer. La *tipografía* incluye las características de elementos de texto individuales, como los tipos de letra y estilos, y sus agrupamientos, como las técnicas de estilo). Se debe usar un número reducido de tipos de letra que serán legibles, claros y singulares (por ejemplo, para distinguir diferentes clases de información). El *simbolismo* son todos los símbolos, imágenes e iconos utilizados para representar algún concepto o acción. Las *múltiples vistas* se encargan de proveer múltiples perspectivas en la pantalla de estructuras y procesos complejos, es decir, utilizar diferentes niveles de abstracción, formas de representación, metadatos, metatexto y metagráficos. Finalmente, el *color* es uno de los elementos más complejos a la hora de diseñar una interfaz gráfica correcta, este puede ser una potente herramienta de comunicación usado correctamente (Petrelli, 2006).

C.2.2. Conceptos relacionados con el color

Las discusiones sobre el color suelen ser confusas porque científicos, artistas, diseñadores, programadores y publicistas describen el color de diferentes formas. Sin embargo en el momento de utilizar el color en las GUI, se pueden aplicar los tres principios de diseño mencionados anteriormente: organizar, economizar y comunicar (Aguiar Fernández y Aguiar Fernández, 1998).

La organización del color influye en la consistencia de la organización. El color debe emplearse para agrupar los ítems relacionados. Debe aplicarse una organización

de color consistente tanto a las pantallas, como a la documentación y a los materiales de entrenamiento. Los colores similares infieren similitud en los objetos. Se debe mirar la completud y consistencia al agrupar objetos con el mismo color. Una vez se establece una codificación del color, esta debe ser usada en toda la interfaz gráfica así como en la documentación y publicaciones relacionadas (Aguiar Fernández y Aguiar Fernández, 1998).

El segundo principio del color, la economía del color, sugiere usar un máximo de 5 ± 2 colores cuando el significado tiene que ser recordado (Aguiar Fernández y Aguiar Fernández, 1998). La idea fundamental es usar color para aumentar la información proporcionada en blanco y negro (por ejemplo, diseñar la interfaz para que funcione bien primero en blanco y negro).

El énfasis del color sugiere usar fuertes contrastes en valor y tono para centrar la atención del usuario en la información más importante como principio de comunicación. Cuando demasiadas figuras o campos del fondo compiten por la atención del usuario se produce cierta confusión. La jerarquía de los estados sobreiluminado, neutro e infraluminado para todas las áreas de la pantalla deben ser cuidadosamente diseñadas para proporcionar la máxima sencillez y claridad.

Es aconsejable que el color rojo y el verde no sean usados en la periferia del campo visual sino en el centro. Si son usados en la periferia, es necesario un medio para captar la atención del usuario, como un cambio de tamaño o el parpadeo, por ejemplo. El negro, azul, blanco y amarillo son apropiados para la periferia del campo visual, donde la retina es mas sensitiva a ellos (Aguiar Fernández y Aguiar Fernández, 1998).

Es preciso usar colores que difieran tanto en valor como en tono. Las combinaciones rojo/verde, azul/amarillo, verde/azul, y rojo/azul deben ser evitadas excepto si se necesita un efecto visual especial. Pueden crear vibraciones, ilusiones, sombras y postimágenes. Para situaciones con poca iluminación se debe utilizar texto claro, líneas finas y formas pequeñas o medianas sobre un fondo oscuro; para situaciones con iluminación abundante, por el contrario, texto oscuro (azul o negro), líneas finas y formas pequeñas sobre fondo claro (Aguiar Fernández y Aguiar Fernández, 1998).

Aguiar Fernández y Aguiar Fernández (1998) relaciona ciertas recomendaciones del uso del color en las GUI:

1. **Usar un máximo de cinco colores:** Cuatro colores distintos son apropiados. Permite mayor sitio adicional en la memoria a corto plazo (memoria de trabajo).
2. **Usar colores centrales y periféricos de forma apropiada:** Usar el color

azul para áreas grandes, no para detalles o texto. El azul es apropiado para fondos de transparencias y pantallas. Usar el rojo y el verde para captar la atención es una buena medida, el campo visual se adapta fácilmente a esto.

3. **Usar el mismo color para agrupar elementos relacionados:** La ciencia cognitiva ha avanzado en la noción del proceso preatento. En este contexto, se puede preparar al usuario para eventos relacionados usando un código de color común.
4. **Usar un código de formas redundante de la misma manera que el color:** Hace la pantalla más impermeable a distorsiones en el color. Los cambios en la claridad del ambiente puede provocar cambios en el color percibido.
5. **Evitar el rojo y el verde en la periferia de pantallas de gran escala:** Debido a la insensibilidad de la periferia retinal al rojo y al verde, estos colores deben ser evitados en la periferia en su forma saturada. El amarillo y el azul son buenos colores periféricos.

Apéndice D

Descripción de Técnicas

RESUMEN: En este apéndice se presentan las técnicas utilizadas en el proyecto como lo son el algoritmo SURF, la distancia de Levenshtein y las bases teóricas para el sistema de recomendación.

D.1. Speeded-Up Robust Features (SURF)

D.1.1. Bases Matemáticas

D.1.1.1. Imagen Integral

La imagen integral es un método para realizar de forma rápida el cálculo del nivel medio de intensidad en una región de píxeles en una imagen. Esta consiste en crear una matriz o imagen del mismo tamaño que la matriz de la imagen original donde cada elemento de la Imagen Integral contiene la suma todos los píxeles localizados en la región superior izquierda de la imagen original (Derpanis, Leung y Sizintsev, 2007). Matemáticamente se define por la ecuación D.1, donde $II(x, y)$ representa la imagen integral en el punto en la posición X, Y y $I(i, j)$ representa la intensidad de la imagen de un punto en la posición i, j , donde i es menor que x , y j es menor que y .

$$II(x, y) = \sum_{i=0}^{i \leq x} \sum_{j=0}^{j \leq y} I(x, y) \quad (D.1)$$

D.1.1.2. Matriz Hessiana

Las características SURF se basan en el determinante de la matriz Hessiana. Con el fin de motivar a el uso del Hessiano, consideramos una función continua de dos

variables de manera que el valor de la función en (x, y) viene dada por $f(x, y)$. La matriz Hessiana H , es la matriz de derivadas parciales de la función f . Como se muestra en la ecuación D.2

$$H(F(x, y)) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \end{bmatrix} \quad (\text{D.2})$$

El determinante de esta matriz, conocida como el discriminante, es calculado por la ecuación D.3. El valor del discriminante es utilizado para clasificar el mínimo y el maximo de la función por la prueba de la derivada de segundo orden (Ordóñez, 2005). Dado que el determinante es el producto de valores propios del Hessiano, se puede clasificar los puntos basados en el signo del resultado. Si el determinante es negativo entonces los valores propios tienen signos diferentes y por lo tanto el punto no es un extremo local. si es positivo, es decir, ambos valores propios son positivos o ambos valores propios son negativos, el punto es clasificado como un valor extremo.

$$\det(H) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \right)^2 \quad (\text{D.3})$$

D.1.2. Descripción General del Algoritmo

El algoritmo SURF esta compuesto de 3 pasos consecutivos:

1. La detección de puntos de interés.
2. La descripción de los puntos de interés.
3. El emparejamiento de características.

Los dos primeros pasos del algoritmo se basan en una representación a escala del espacio y los operadores diferenciales de primer y segundo orden. La ventaja del método SURF es que estas operaciones son aceleradas por el uso de una imagen integral y los filtros caja (Bay et al., 2008).

En la etapa de detección, los máximos locales del Operador Determinante Hessiano, se aplica a las representaciones a escala del espacio y son calculadas para seleccionar los candidatos a puntos de interés. Estos candidatos son validados si su respuesta esta por encima de un umbral determinado. Tanto la magnitud y localización de estos candidatos son refinados mediante un procedimiento iterativo para adaptarse a una función cuadrática. Generalmente, pocos cientos de puntos de interés son detectados en una imagen digital de 1 megapixel (Bay et al., 2008).

El propósito de la segunda etapa es construir un descriptor que es invariante a cambios del punto de vista alrededor del vecindario local del punto de interés. Teniendo en cuenta que la localización de cada punto de interés en la representación a escala del espacio es invariante a la variación en escala y translación, para lograr la invariancia en la rotación se define una orientación dominante teniendo en cuenta la distribución del gradiente de orientación local, el cual es calculado con Haar wavelets. Haciendo uso de una rejilla de localización espacial, un descriptor de 64 dimensiones es construido, que corresponde a un histograma local de las respuestas del Haar wavelet (Bay et al., 2008).

Teóricamente, el tercer paso coincide con los descriptores de dos imágenes, una pre-analizada y otra que se quiere emparejar. Se realizan comparaciones exhaustivas mediante el calculo de la distancia euclidiana entre todos los pares posibles a que se emparejen. El criterio de emparejamiento de la distancia radio al vecino mas cercano es utilizado para reducir los desajustes, combinado con una técnica basada en RANSAC para la verificación de la consistencia geométrica. Después de utilizar estos filtros de eliminación de todas las falsas sospechas de emparejamiento, se puede estar razonablemente seguro de que los emparejamientos restantes son reales y corresponden a la misma escena vista desde diferentes puntos de vista (Bay et al., 2008).

D.1.3. Paso a Paso del Algoritmo

La estructura del algoritmo es:

1. Construir la representación espacio-escala:
 - a) Calcular la imagen integral de la imagen de entrada.
 - b) Construir el espacio-escala utilizando filtros caja.
2. Detección de puntos de interes:
 - a) Calcular la matriz hessiana de cada imagen del espacio-escala.
 - b) Calcular la determinante de la matriz hessiana en el espacio escala.
 - c) Seleccionar de los Puntos de Interés.
 - d) Almacenar los puntos de interés con su signo Laplaciano.
3. Construcción de los descriptores:
 - a) Estimar la orientación dominante de cada punto de interés.
 - b) Construir el descriptor correspondiente al punto de interés.

4. Emparejamiento de Imágenes:

- a) Descartar puntos con el determinante hessiano de diferente signo
- b) Emparejar los descriptores SURF de ambas imágenes por el criterio del vecino más cercano.

Definir un método que sea invariante a cambio de escala, clásicamente se logra mediante la simulación de varios alejamientos de la imagen considerada. Esta representación escala puede obtenerse a través de convoluciones gaussianas de la imagen a diferentes escalas. Para acelerar este procedimiento, SURF aproxima el filtro gaussiano y sus derivadas espaciales por medio de funciones rectangulares, para que la complejidad de la convolución sea lineal por medio de la imagen integral.

D.1.3.1. Construir la representación espacio–escala

Con el fin de detectar puntos de interés utilizando el determinante del Hessiano, primero es necesario introducir la noción de la representación Escala-Espacio. Una representación Escala-Espacio es una función continua que puede ser utilizada para hallar extremos a través de las posibles escalas. En visión por computador la representación escala-espacio es generalmente implementado como una pirámide donde la imagen de entrada es convolucionada iterativamente con un filtro gaussiano y en repetidas coacciones sub–mustradas (Bay et al., 2008).

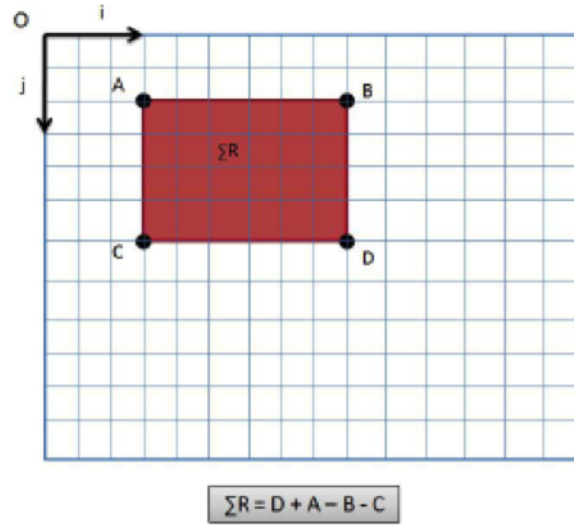
Cálculo de la Imagen Integral

Las imágenes integrales son utilizadas el algoritmo SURF para agilizar los cálculos en la convolución con filtros caja ya que permite el calculo de la suma de intensidades de una región mediante 4 accesos a memoria y una simple operación. De tal manera, que siendo A, B, C y D 4 puntos en una imagen integral como se muestra en la figura D.1, se puede calcular la suma de intensidades dentro de ese cuadrado como $A - C - B + D$ (Derpanis et al., 2007).

Teniendo en cuenta lo anterior, el tiempo necesario para el cálculo de operaciones de convolución es independiente del tamaño de la imagen y del filtro aplicado. Cabe destacar que para el uso de imágenes integrales en la convolución solo pueden ser aplicados filtros caja (Derpanis et al., 2007).

La imagen debe estar en escala de grises, además, para obtener una mayor precisión numérica es recomendable normalizar el valor de cada pixel, transformándolo en un valor real que se encuentre en el intervalo $[0, 1]$. El algoritmo 1 se utiliza para la construcción de imágenes integrales de manera recursiva, donde $I(x, y)$ es la imagen original, $s(x, y)$ es la suma acumulativa de las filas, $II(x, y)$ es la imagen integral y x y y son respectivamente el ancho y el alto de la imagen (Derpanis et al., 2007).

Figura D.1: Demostración del cálculo de la imagen integral

**Algoritmo 1** Construcción de Imágenes Integrales

```

Para  $i = 0$  hasta  $x$  Hacer
     $s(i, -1) = 0$ 
Fin Para
Para  $j = 0$  hasta  $y$  Hacer
     $II(-1, j) = 0$ 
Fin Para
Para  $i = 0$  hasta  $x$  Hacer
    Para  $j = 0$  hasta  $y$  Hacer
         $s(i, j) = s(i, j - 1) + I(i, j)$ 
         $II(i, j) = II(i - 1, j) + s(i, j)$ 
    Fin Para
Fin Para
Devolver  $II$ 

```

Construir el Espacio-Escala utilizando filtros caja

Para la representación de escala-espacio de las imágenes en el descriptor SURF, se divide la escala en octavas. Estas a su vez, están compuestas por un número fijo de imágenes como resultado de la convolución de la imagen original con una serie de filtros cada vez más grandes (Derpanis et al., 2007).

El incremento o paso de los filtros entre dos octavas es el doble respecto del paso de la octava anterior, al mismo tiempo que el primero de los filtros de cada octava es el segundo de la octava predecesora, además el paso dentro de una misma octava aumenta en un valor constante. Según Bay et al. es recomendable iniciar con un filtro de 9x9 y un paso de 6, además, el uso de 5 imágenes por octava y mínimo 4 octavas (Derpanis et al., 2007).

De esta manera obtenemos las siguientes series de octavas con sus respectivos filtros:

- Primera Octava: 9x9 - 15x15 - 21x21 - 27x27 - 33x33
- Segunda Octava: 15x15 - 27x27 - 39x39 - 51x51 - 63x63
- Tercera Octava: 27x27 - 51x51 - 75x75 - 99x99 - 123x123
- Cuarta Octava: 51x51 - 99x99 - 147x147 - 195x195 - 243x243

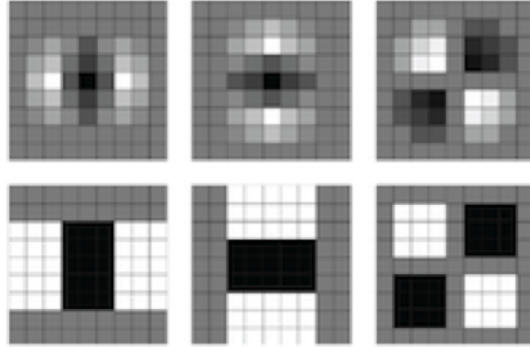
D.1.3.2. Detección de Puntos de Interés

El descriptor SURF hace uso de la matriz Hessiana, más concretamente, del valor del determinante de la matriz, para la localización y la escala de los puntos. El motivo para la utilización de la matriz Hessiana es respaldado por su rendimiento en cuanto a la velocidad de cálculo y a la precisión. Lo realmente novedoso del detector incluido en el descriptor SURF respecto de otros detectores es que no utiliza diferentes medidas para el cálculo de la posición y la escala de los puntos de interés individualmente, sino que utiliza el valor del determinante de la matriz Hessiana en ambos casos (Bay et al., 2008).

Cálculo la matriz hessiana de cada imagen del espacio escala

Teniendo en cuenta la teoría de la matriz hessiana, trasladada al procesamiento de imágenes, se reemplaza los valores de $f(x, y)$ por la intensidad de los Píxeles $I(x, y)$. Entonces se requiere un método para calcular la derivada parcial de segundo orden de la imagen. Generalmente en el procesamiento de imágenes se calculan las derivadas por medio de la convolución con un filtro apropiado (Bay et al., 2008). En el caso de SURF, el filtro elegido es el gaussiano de segundo orden, donde se pueden construir filtros de derivada en las direcciones de x , y y xy , de manera que permite

Figura D.2: Ejemplo de los filtros caja utilizados para la aproximación del Laplaciano del Gaussiano



el cálculo de las 4 entradas de la matriz hessiana.

Dado un píxel de la imagen definido por sus coordenadas $p = (x, y)$, la matriz Hessiana de p con una escala σ se define en la ecuación D.4.

$$H(p, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx} & L_{xy} \\ L_{xy} & L_{yy} \end{bmatrix} \quad (D.4)$$

donde L_{xx} , L_{xy} y L_{yy} representan las segundas derivadas parciales de la gaussiana $G(\sigma)$ respecto a las coordenadas de cada píxel $p = (x, y)$. Estas derivadas son conocidas como el *Laplaciano del Gaussiano*. Para que el algoritmo sea más eficiente, en lugar de calcular las segundas derivadas, se hace una aproximación mediante filtros en forma de caja, como los que aparecen en la figura D.2, permitiendo el cálculo de la convolución por medio de las imágenes integrales (Bay et al., 2008).

Calcular los determinantes de la matriz hessiana

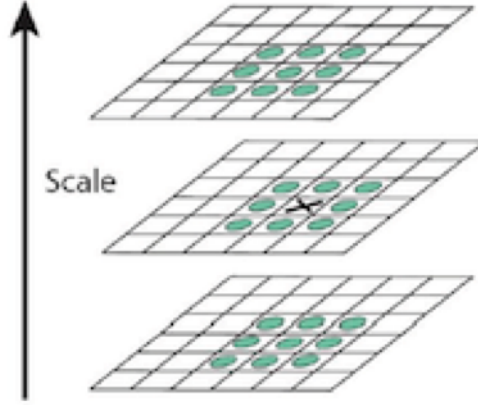
El determinante de la matriz Hessiana, éste queda definido por la ecuación D.5, donde D_{xx} , D_{yy} y D_{xy} son las aproximaciones del Laplaciano del Gaussiano obtenido por medio de la convolución de los filtros caja con la imagen y w es el peso para balancear la determinante Hessiana (Bay et al., 2008).

$$\det(H_{approx}) = D_{xx}D_{yy} - (wD_{xy})^2 \quad (D.5)$$

El cálculo del peso w se presenta en la ecuación D.6, tomando en cuenta que los filtros caja de 9×9 es una aproximación a una gaussiana de segundo orden con $\sigma = 1, 2$, hallado a partir de la Norma de Frobenius (Bay et al., 2008).

$$w = \frac{|L_{xy}(1, 2)| F |D_{yy}(9)| F}{|L_{yy}(1, 2)| F |D_{xy}(9)| F} = 0,912 \dots \approx 0,9 \quad (D.6)$$

Figura D.3: Vecinos a tener en cuenta para la selección de puntos de interés



Entonces para el calculo del determinante para la matriz hessiana se utilizaria la ecuación D.7. Este determinante es calculado en cada punto de las diferentes escalas que se tienen en cuenta en para la detección de las características.

$$\det(H_{aprox}) = D_{xx}D_{yy} - (0,9D_{xy})^2 \quad (D.7)$$

Selección de los Puntos de Interés

Para localizar los puntos de interés invariantes a la rotación y escala en la imagen se realizan 3 pasos. El primero de ellos es la respuesta que poseen los determinantes del hessiano a un umbral, de tal manera que los puntos que estén por debajo de dicho umbral son eliminados, cabe destacar que la umbralización se realiza a partir del valor absoluto del determinante (Bay et al., 2008). La selección del umbral debe ser cuidadosa ya que a medida que el umbral es aumentado los puntos de interés disminuyen.

Después de la umbralización, una supresión de los puntos no máximos es realizada para hallar un candidato de Punto de interés. Para hacer esto cada punto en la representación escala espacio es comparado con 26 vecinos, compuestos por los 8 vecinos en la escala actual y 9 vecinos para la escala siguiente y la escala anterior como se muestra en la figura D.3, si el valor absoluto del determinante del punto que se esta analizando posee el mayor valor entre sus vecinos se considera candidato a ser un punto de interés de lo contrario se elimina (Bay et al., 2008).

El último paso para la localización de los puntos consiste en interpolar los datos cercanos para localización en espacio y escala, con una precisión de subpixel. Esto es realizado mediante el ajuste de una cuadrática 3D, como lo propone Brown y Lowe (2002). Para ello, se expresa el determinante de la función Hesiana, $H(x, y)$ como

una expansión de Taylor hasta los términos cuadráticos centrados en la localización detectada. Esto es expresado como se muestra en la ecuación D.8.

$$H(x) = H + \frac{\partial H^T}{\partial x}x + \frac{1}{2}x^T \frac{\partial H}{\partial x^2}x \quad (D.8)$$

La ubicación interpolada de los extremos, $\hat{x} = (x, y, \sigma)$, es hallada tomando la derivada de esta función, estableciéndola a 0, tal que se cumpla la ecuación D.9. Las derivadas aquí son aproximadas por las diferencias finitas de los pixeles vecinos. Si \hat{x} es mayor que 0,5 en la dirección de x, y o σ , se ajusta la localización y se realiza la interpolación de nuevo. Para ajustar la localización se toma el vecino de $3 \times 3 \times 3$ más cercano al punto. Este proceso es repetido hasta que \hat{x} sea menor que 0,5 en todas las direcciones, o el número de predeterminadas interpolaciones hallan sido excedidas, que en la mayoría de los casos es 5. Los puntos que no convergen son descartados del grupo de puntos de interés, dejando únicamente los puntos con la mayor estabilidad y respetabilidad (Brown y Lowe, 2002).

$$\hat{x} = -\frac{\partial^2 H^{-1}}{\partial x^2} \frac{\partial H}{\partial x} \quad (D.9)$$

Almacenamiento del Punto de Interes y su signo Laplaciano

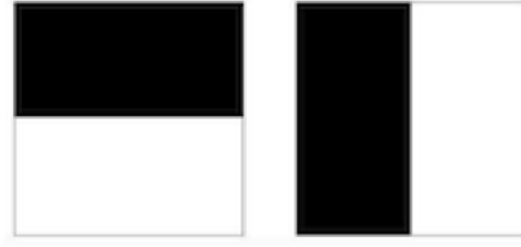
Para el almacenamiento del Punto de Interes se tienen en cuenta la posición donde esta localizado el punto de interes, además la escala en la que esta y el signo del determinante.

D.1.3.3. Construcción de los Descriptores

Para cada punto extraído en la imagen, se calcula un descriptor de longitud variable dependiendo el tamaño de la ventana utilizada, que puede ser de 16, 32, 64, 128, que identifica de forma unívoca dicho punto. Cuanto mayor sea la longitud que se emplee para los descriptos, el emparejamiento será más robusto. Los descriptores SURF poseen 3 características (Bay et al., 2008):

1. **Signo del Determinante de la matriz Hessiana:** Se utiliza para distinguir manchas de brillo en un fondo oscuro o viceversa. Esta característica clasifica los puntos en brillantes y oscuros. De esta forma, en el emparejamiento, mirando el signo del determinante se podrá descartar una gran cantidad de puntos sin tener que mirar los otros valores del descriptor.
2. **Orientación del gradiente:** Para cada punto detectado, el extractor de características define una región circular al rededor del punto y se calcula la orientación dominante del gradiente dentro de dicha región.

Figura D.4: Máscaras de Haar para estimar la orientación de los puntos de interés



3. **Sumatoria del Gradiente:** Se define una región cuadrada alrededor del punto seleccionado, del tamaño relativo a la escala en la que se detectó dicho punto. Dependiendo del tamaño del descriptor se subdivide la región en partes iguales, y se calculan 4 valores en cada subregión, basados en los valores del gradiente obtenidos en la correspondiente subregión. El conjunto de valores obtenidos constituye el descriptor del punto.

Estimación de la orientación dominante del punto de interés

Para lograr la invarianza a la rotación, a cada punto de interés detectado le es asignada una orientación reproducible. La extracción de los componentes del descriptor es realizada relativamente a la dirección de dicha orientación, lo que hace importante que dicha dirección pueda ser repetible bajo diferentes condiciones. Para determinar la orientación, son calculadas respuestas Haar Wavelet de un tamaño de 4σ para un conjunto de píxeles en un radio de 6σ a partir del punto detectado, donde σ se refiere a la escala donde el punto ha sido detectado (Bay et al., 2008).

Tras haber realizado todos estos cálculos del tamaño de la ventana y el filtro Haar, se utiliza la imagen integral nuevamente para proceder al filtrado mediante las máscaras de Haar que se muestran en la figura D.4 y obtener así las respuestas en ambas direcciones x y y .

Una vez que las respuestas onduladas han sido calculadas, son ponderadas por una gaussiana de valor $\sigma = 2,5\sigma$ centrada en el punto de interés. Las respuestas son representadas como vectores en el espacio colocando la respuesta horizontal y vertical en el eje de abscisas y ordenadas respectivamente (Bay et al., 2008). Finalmente, se obtiene una orientación dominante por cada sector mediante la suma de todas las respuestas dentro de una ventana de orientación móvil cubriendo un ángulo de $\pi/3$ como se muestra en la figura D.5.

La orientación final del punto de interés será finalmente aquella cuyo vector sea el más grande dentro de los 6 sectores en los que han sido dividida el área circular alrededor del punto de interés.

Figura D.5: Vectores en la ventana de orientación móvil para determinar la orientación de los puntos de interés

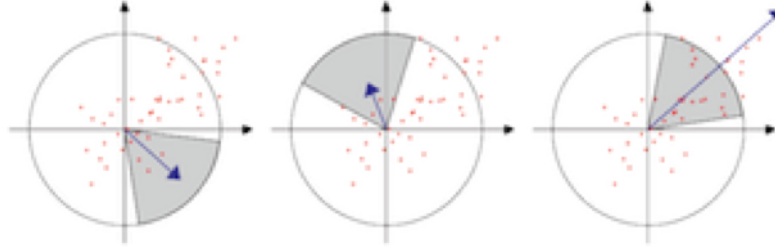
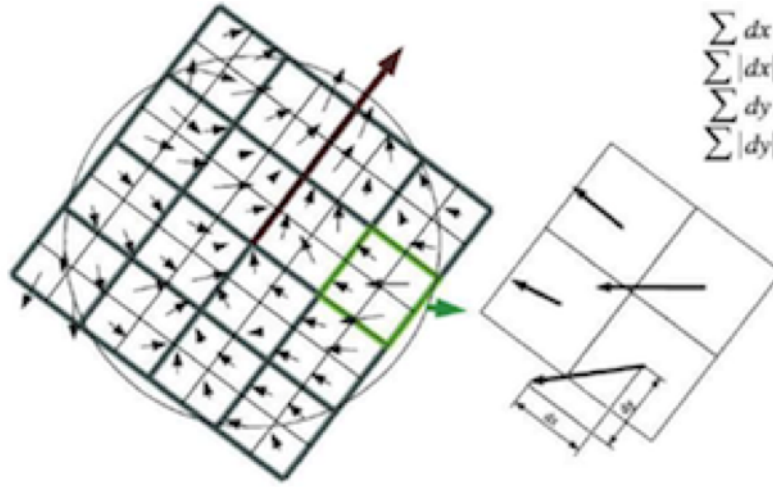


Figura D.6: Imagen representativa de la construcción del descriptor SURF



Construcción del Descriptor

Se construye como primer paso una región cuadrada de tamaño 20σ alrededor del punto de interés y orientada en relación a la orientación dominante calculada en la etapa anterior. Esta región es a su vez dividida en 4×4 sub-regiones dentro de cada una de las cuales se calculan las respuestas de Haar de puntos con una separación de muestreo de 5×5 en ambas direcciones (Bay et al., 2008). Por simplicidad, se consideran dx y dy las respuestas de Haar en las direcciones horizontal y vertical respectivamente relativas a la orientación del punto de interés, como se muestra en la figura D.6.

Para dotar a las respuestas dx y dy de una mayor robustez ante deformaciones geométricas y errores de posición, éstas son ponderadas por una gaussiana de valor $\sigma = 3,3\sigma$ centrada en el punto de interés.

En cada una de las subregiones se suman las respuestas dx y dy obteniendo así un valor de dx y dy representativo por cada una de las subregiones. Al mismo tiempo se realiza la suma de los valores absolutos de las respuestas dx y dy en cada una de las subregiones, obteniendo de esta manera, información de la polaridad sobre los cambios de intensidad (Bay et al., 2008).

En resumen, cada una de las subregiones queda representada por un vector v de 4 componentes como se muestra en la ecuación D.10 y por lo tanto, englobando las 4×4 subregiones, resulta un descriptor SURF con una longitud de 64 valores para cada uno de los puntos de interés identificados.

$$v = (\sum dx, \sum dy, \sum |dx|, \sum |dy|) \quad (D.10)$$

D.1.3.4. Emparejamiento de Imágenes

El término *matching* entre imágenes tiene como finalidad el cálculo de un valor que represente el grado de similitud entre las dos imágenes. El cálculo de este valor, representado como distancia y conocido también como puntaje, se realiza mediante la aplicación de una métrica o fórmula de la distancia entre ambas imágenes. Previo paso del cálculo del puntaje, es necesario establecer las correspondencias entre los puntos clave. Para realizar un emparejamiento básico de los puntos extraídos con el método SURF el proceso es secuencial. Para cada punto p_1 de la primera imagen se buscan los puntos p_2 de la segunda imagen que se emparejan con él.

Descartar puntos con el determinante hessiano de diferente signo

En primer lugar se eliminan como posibles emparejamientos todos aquellos puntos p_2 que tengan signo del determinante de la matriz hessiana diferente al del punto p_1 que se está considerando, es decir, se rechazan los puntos p_2 que cumplen la ecuación D.11.

$$\det H(P_1, \sigma) \det H(p_2, \sigma) < 0 \quad (D.11)$$

Emparejar los descriptores SURF de ambas imágenes por el criterio del vecino más cercano

Para cada uno de los puntos p_2 restantes se calcula la distancia euclidiana de los descriptores. De todas las distancias obtenidas se almacenan las dos menores. Si la distancia más pequeña obtenida es inferior a la mitad de la segunda menor distancia, entonces se considera que hay un emparejamiento entre el punto p_1 y el punto p_2 para el que se ha obtenido la mínima norma de la diferencia, también se puede decir que si la relación entre esas dos distancias es mayor a 0.76 según el umbral destinado

Lowe (2004) para los descriptos SIFT.

Es decir suponiendo que se tienen dos imágenes I_1 e I_2 , para cada vector de características de cada punto de la imagen I_1 se calcula la distancia euclidiana con los vectores de características de todos los puntos de la imagen I_2 . Luego se seleccionan 2 puntos p_1 y p_2 los cuales son los que poseen la menor distancia euclidiana con el vector de características de la imagen I_1 , siendo esta distancia d_1 y d_2 , con el primer criterio de selección si $d_1 < d_2/2$ o con el criterio de Lowe si $d_1/d_2 < 0,76$ existe correspondencia entonces entre p_1 de la imagen I_2 y el punto que se está analizando en la imagen I_1 (Lowe, 2004).

D.2. Distancia de Levenshtein

La distancia Levenshtein, conocida también como distancia de edición, fué creada e implementada por Vladimir Levenshtein a mediados del siglo XX, con el propósito de medir la diferencia entre dos secuencias de símbolos (Cáceres González, 2008).

A pesar de que esta distancia ha sido estudiada, comparada, implementada y utilizada en muchas oportunidades, es muy difícil encontrar referencias que demuestren que la distancia de Levenshtein es una medida formal de distancia, de acuerdo a los parámetros establecidos en topología. Para la comprensión de como funciona la distancia de Levenshtein se debe inicialmente hablar de la similitud entre secuencias (Cáceres González, 2008).

D.2.1. Similitud entre secuencias

El concepto de similitud tiene su fundamento en la cantidad de operaciones de edición que se requieren para transformar una secuencia en otra. Las operaciones de edición que se consideran son *insertar un símbolo*, y *borrar un símbolo*. La interpretación de similitud debe entenderse de acuerdo a las siguientes definiciones (Cáceres González, 2008):

1. **Secuencia y Subsecuencia:** Sean $x = \langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle$ y $y = \langle y_1, y_2, \dots, y_n \rangle$ dos secuencias finitas de símbolos en algún alfabeto finito C , y es una *subsecuencia* de x , denotado por $y \subset x$, si existe un conjunto de índices i_1, i_2, \dots, i_m en x , con cada $1 \leq i_k \leq n$ y $1 \leq k \leq m$, tales que $i_1 < i_2 < \dots < i_m$ y que $y = \langle x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_m} \rangle$
2. **Subsecuencia común:** Una subsecuencia y es una *subsecuencia común* para las secuencias x_a y x_b , denotado por $y \subset (x_a, x_b)$, si $y \subset x_a$ y $y \subset x_b$.

3. **Similitud:** La similitud entre dos secuencias $x, y \in C^*$, denotada por $S(x, y)$ esta dada por: $S(x, y) = |z| : z \subset (x, y)$ con $z \in C^*$, donde $|z|$ indica la longitud de la secuencia z , es decir, la cantidad de símbolos que contiene.

Es importante recalcar que $S(x, y) = 0$ cuando x no tienen símbolos comunes con y , esto es, no existe alguna subsecuencia común para x y y , de modo que la longitud de la secuencia vacía es 0; en el otro extremo, $S(x, y) = \min \{|x|, |y|\}$ cuando x está contenida completamente en y , ó y está contenida completamente en x . De modo que $0 \leq S(x, y) \leq \min \{|x|, |y|\}$ (Cáceres González, 2008).

El problema de determinar la similitud de dos secuencias, se convierte entonces, en encontrar el tamaño de la subsecuencia común más larga entre las secuencias x y y . El procedimiento para encontrar la subsecuencia común más larga, se describe en el algoritmo 2, que llena una matriz de orden $n \times m$ con números enteros que indican la similitud de cada subsecuencia. En este algoritmo se considera que $|x| = n$ y $|y| = m$ (Cáceres González, 2008).

Algoritmo 2 Similitud entre dos cadenas

Para $i = 0$ **hasta** n **Hacer**

$S(i, 0) = 0$

Fin Para

Para $j = 0$ **hasta** m **Hacer**

$S(0, j) = 0$

Fin Para

Para $i = 0$ **hasta** m **Hacer**

Para $j = 0$ **hasta** n **Hacer**

$S(i, j) = \begin{cases} \max \{S(i-1, j), S(i, j-1)\} & \text{si } x_i \neq y_j \\ S(i-1, j-1) + 1 & \text{si } x_i = y_j \end{cases}$

Fin Para

Fin Para

Devolver $z = S(n, m)$

D.2.2. Teoría de la Distancia de Levenshtein

La distancia de Levenshtein entre dos secuencias $x, y \in C^*$, con $n = |x|$, $m = |y|$ esta definida en la ecuación D.12, donde $S(x, y)$ es la similitud entre las secuencias x y y (Cáceres González, 2008).

$$D(x, y) = n + m - 2S(x, y) \quad (\text{D.12})$$

Los límites de esta distancia se logran, por un lado cuando la similitud entre las secuencias comparadas es nula, y en el otro extremo, cuando la similitud entre las

secuencias comparadas es máxima (Cáceres González, 2008). Cuando la similitud es nula (secuencias sin símbolos comunes), la distancia es $n + m$. Cuando la similitud es máxima (se comparan secuencias iguales), la distancia es 0. Entonces los límites de la distancia de Levenshtein se muestra en la ecuación D.13.

$$0 \leq D(x, y) \leq n + m \quad (\text{D.13})$$

La idea general de esta distancia es que dos secuencias distan entre sí tanto como símbolos se deban borrar y símbolos se deban agregar, para hacer iguales ambas secuencias. De modo que el límite máximo de esta distancia se debe leer como: *se deben borrar todos los n símbolos de x y agregar todos los m símbolos de y .*

D.2.3. Algoritmo de Distancia de Levenshtein

Para determinar la distancia de Levenshtein se utiliza el algoritmo 3, donde DL es la distancia de Levenshtein, x y y son cadenas de n y m símbolos respectivamente, $D(x, y)$ es la suma acumulativa de la distancia de Levenshtein, E es el costo de eliminación, I es el costo de inserción, S es el costo de sustitución y c es un valor del costo de similitud (Cáceres González, 2008).

D.3. Bases teóricas para el sistema de recomendación

Para el desarrollo de este trabajo se tomó en cuenta las técnicas de minería de datos de árboles de decisión utilizando la frecuencia de uso y el teorema de Bayes.

La frecuencia es el número de veces que se repite (aparece) el mismo dato estadístico en un conjunto de observaciones de una muestra determinada (Pliego y PEREZ, 2006). Entonces, la frecuencia de uso, es el número de veces que una persona utiliza algún elemento o sistema.

D.3.1. Fundamentos de Probabilidad

La teoría de probabilidades nace a principios del siglo XVII como resultado de investigaciones sobre distintos tipos de juego de azar. Entre los más destacados exponentes se encuentran Fermat, Bernoulli, Gauss y Laplace, que dan la mayor formalidad y rigurosidad matemática a la teoría de las Probabilidades (Panteleeva, 2005).

Algoritmo 3 Distancia de Leveshtein

```
Para  $i = 0$  hasta  $n$  Hacer
     $D(i, 0) = 0$ 
Fin Para
Para  $j = 0$  hasta  $m$  Hacer
     $D(0, j) = 0$ 
Fin Para
Para  $i = 0$  hasta  $m$  Hacer
    Para  $j = 0$  hasta  $n$  Hacer
        Si  $x_i = y_j$  Entonces
             $c = 0$ 
        Si no
             $c = 1$ 
        Fin Si
         $E = D(i - 1, j) + 1$ 
         $I = D(i, j - 1) + 1$ 
         $S = D(i - 1, j - 1) + c$ 
         $D(i, j) = \min\{E, I, S\}$ 
    Fin Para
Fin Para
Devolver  $DL = D(n, m)$ 
```

Esta teoría de Probabilidades, analiza las leyes que gobiernan ciertos tipos de fenómenos llamados fenómenos aleatorios, que buscan un modelo matemático que se acerque o se aproxime al comportamiento de dichos fenómenos (Pliego y PEREZ, 2006).

La *probabilidad* mide la frecuencia con la que aparece un resultado determinado cuando se realiza un experimento. Este, debe ser aleatorio, es decir, que existan diversos resultados, dentro de un conjunto posible de soluciones, incluso si se realiza el experimento en las mismas condiciones. Por lo tanto, no se puede inferir cual de los resultados se va a presentar. Sin embargo existen experimentos que no son aleatorios y por lo tanto no se les puede aplicar las reglas de probabilidad (Pliego y PEREZ, 2006).

Para poder realizar el calculo de la probabilidad, es necesario tener en cuenta los siguientes conceptos Pliego y PEREZ (2006):

- **Suceso Elemental:** Es cada una de las posibles soluciones que se pueden presentar.
- **Suceso Compuesto:** Es un subconjunto de sucesos elementales.
- **Espacio Muestral:** Es el conjunto de todos los posibles sucesos elementales. Cada experimento aleatorio tiene definido su espacio muestral.

La probabilidad mide la mayor o menor posibilidad de que se dé un determinado (suceso) cuando se realiza un experimento aleatorio, toma valores entre 0 y 1, o expresado en porcentaje 0 % y 100 %. Cuando el valor del cálculo de la probabilidad es 0, significa que ese suceso es imposible que ocurra; Cuando es 1, significa que ese suceso es seguro que ocurra y cuando el valor que tome entre 0 y 1 se acerque más a 1 significa que existe mayor posibilidad que ocurra dicho suceso (Pliego y PEREZ, 2006).

Para el cálculo de la probabilidad se utilizan diversos métodos, sin embargo el más utilizado es la *Regla de Laplace* la cuál define la probabilidad de un suceso como el cociente entre los casos favorables y los casos posibles, como se muestra en la ecuación D.14.

$$P(A) = \frac{\text{Sucesos Favorables}}{\text{Sucesos Posibles}} \quad (\text{D.14})$$

Para aplicar la regla de Laplace es necesario que cumpla con 2 condiciones. La primera, que todos el número de sucesos posibles sea finito y que todos los sucesos deben tener la misma probabilidad de ser un suceso favorable. A la regla de Laplace se le conoce también como *Probabilidad a priori* ya que para aplicarla hay que conocer antes de realizar el experimento cuales son los posibles resultados y saber que

todos tienen las mismas probabilidades (Pliego y PEREZ, 2006).

En dado caso que no se cumplan las dos condiciones para aplicar la regla de Laplace, se puede utilizar un método de calculo de probabilidad basado en la experiencia utilizando el *módulo frecuencial*. Este modelo se aplica al realizar un experimento aleatorio un número muy elevado de veces, donde las probabilidades de los posibles sucesos empiezan a converger hacia valores determinados, que son sus respectivas probabilidades. Este modelo se aplica utilizando la frecuencia relativa como se muestra en la ecuación D.15 (Panteleeva, 2005).

$$P(A) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{f(a)}{n} \quad (D.15)$$

A esta definición de la probabilidad se le denomina *probabilidad a posteriori*, ya que tan sólo repitiendo un experimento un número elevado de veces podremos saber cual es la probabilidad de cada suceso. Sin embargo esta definición no resulta muy práctica porque para calcular cada probabilidad de un suceso se debería que realizar un gran número de pruebas.

Las *probabilidades condicionadas* se calculan una vez que se ha incorporado información adicional a la situación de partida. Las probabilidades condicionadas se calculan aplicando la ecuación D.16 (Pliego y PEREZ, 2006).

$$P(B/A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} \quad (D.16)$$

Donde:

- $P(B/A)$ es la probabilidad de que se de el suceso B condicionada a que se haya dado el suceso A.
- $P(A \cap B)$ es la probabilidad del suceso simultáneo de A y de B.
- $P(A)$ es la probabilidad a priori del suceso A.

Para poder hallar $P(A \cap B)$ se debe tener en cuenta la dependencia de los sucesos. Un suceso es *independiente* cuando su probabilidad no depende de que halla ocurrido o no otro suceso, también es conocida como probabilidad con devolución. por otro lado, un suceso es *dependiente* cuando su probabilidad depende de la ocurrencia o no de otro suceso, también es conocido como probabilidad sin devolución ya que el número de sucesos posibles disminuye con cada ocurrencia (Pliego y PEREZ, 2006). Teniendo en cuenta lo anterior:

- $P(A \cap B)$ en sucesos independientes es igual a la multiplicación de las probabilidades de cada suceso elemental.

$$P(A \cap B)_i = P(A) * P(B)$$

- $P(A \cap B)$ en sucesos dependientes es igual a la multiplicación de la probabilidad del primer suceso por la probabilidad del segundo suceso dado que halla ocurrido el primer suceso.

$$P(A \cap B)_d = P(A) * P(B/A)$$

El *Teorema de la Probabilidad Total* nos permite calcular la probabilidad de un suceso a partir de probabilidades condicionadas. La formula para calcularla esta dada por la ecuación D.17.

$$P(B) = \sum_{i=1}^n P(A_i) * P(B/A_i) \quad (D.17)$$

Es decir, la probabilidad de que ocurra el suceso B es igual a la suma de multiplicar cada una de las probabilidades condicionadas de este suceso con los diferentes sucesos A por la probabilidad de cada suceso A . Para que este teorema se pueda aplicar hace falta cumplir un requisito: Los sucesos A tienen que formar un sistema completo, es decir, que contemplen todas las posibilidades (la suma de sus probabilidades debe ser el 100 %) (Pliego y PEREZ, 2006).

D.3.2. Teorema de Bayes

El teorema de Bayes, enunciado por Thomas Bayes, en la teoría de la probabilidad, es el resultado que da la distribución de probabilidad condicional de una variable aleatoria A dada B en términos de la distribución de probabilidad condicional de la variable B dada A y la distribución de probabilidad marginal de sólo A Pliego y PEREZ (2006).

Sea $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n$ un conjunto de sucesos incompatibles cuya unión es el total y tales que la probabilidad de cada uno de ellos es distinta de cero. Sea B un suceso cualquiera del que se conocen las probabilidades condicionales $P(B/A_i)$. Entonces, la probabilidad $P(A_i|B)$ viene dada por la ecuación D.18.

$$P(A_i|B) = \frac{P(B/A_i) * P(A_i)}{P(B)} \quad (D.18)$$

Donde:

- $P(A_i)$ se llama probabilidad *apriori* la cual es la probabilidad asociada a parámetros que se conocen previamente.
- $P(A_i|B)$ se llama probabilidad *aposteriori* la cual es la probabilidad de obtener cierto suceso cuando se han encontrado ciertos datos.

- $P(B/A_i)$ se llama *verosimilitud* es la probabilidad de encontrar los datos dado cierto parámetro y describe los datos encontrados cuando se ha considerado un modelo con ciertos parámetros.
- $P(B)$ se llama la probabilidad *marginal* de B la cual es la probabilidad de encontrar nuevos datos (B) bajo todas los parámetros mutuamente excluyentes. Se la puede calcular como la suma del producto de todas los parámetros mutuamente excluyentes por las correspondientes probabilidades condicionales.

$$P(B) = \sum_{j=1}^n P(A_j) * P(B/A_j)$$

Apéndice E

Evaluación de la Usabilidad

RESUMEN: Las pruebas de usabilidad aportan datos tanto cuantitativos como cualitativos sobre usuarios reales que llevan a cabo tareas reales con un producto. Los profesionales de la usabilidad pueden evaluar algunos aspectos de la accesibilidad utilizando protocolos normalizados de pruebas de usabilidad, introduciendo modificaciones para incluir a participantes con discapacidad. Aunque las pruebas de usabilidad son útiles para saber más sobre cómo utilizan las personas los productos y para valorar la usabilidad de las soluciones de accesibilidad, no evalúan la conformidad con los estándares de accesibilidad (Rubin et al., 2011).

La evaluación de la accesibilidad suele verse limitada a la comprobación de la conformidad con los estándares de accesibilidad. La conformidad con estos estándares es importante: en algunos casos es un requisito legal y en otros es sólo una buena forma de comprobar que se han tenido en cuenta, adecuadamente, todos los problemas de accesibilidad. Sin embargo, cuando se presta atención solamente a los aspectos técnicos de la accesibilidad, el factor de la interacción humana puede llegar a perderse (Rubin et al., 2011). Los métodos de evaluación de la usabilidad pueden comprobar la accesibilidad usable para garantizar que tus soluciones de accesibilidad son usables para las personas con discapacidad.

Para realizar pruebas de usabilidad se deben tener en cuenta ciertos pasos necesarios, para lograr evaluar de manera adecuada un sistema o producto. Estos pasos son: Planificación, Preparación, Realización y Evaluación (Rubin et al., 2011).

E.0.2.1. Planificación

Planificar un estudio de usabilidad que cuente con la participación de personas con discapacidad implica las siguientes consideraciones (Rubin et al., 2011):

- Determinar las características de los participantes.
- Encontrar participantes con discapacidad.
- Elegir la mejor ubicación.
- Planificar correctamente el tiempo.

En cuanto a las características y cantidad de los participantes, algunos estudios han llegado a la conclusión de que realizar pruebas a un gran número de participantes no proporciona mucha más información que realizar las pruebas a sólo unas pocas personas, dado que los primeros participantes darán con la mayoría de problemas de usabilidad (Virzi, 1990). Algunas investigaciones (Nielsen, 2000) (Spool y Schroeder, 2001), demuestran que entre tres y cinco participantes son suficientes para localizar el 85 % de los problemas de usabilidad, en los casos en los que el tipo de usuario es muy homogéneo y utilizará el producto de forma similar (Rubin et al., 2011).

Para encontrar participantes con discapacidad es necesario tener en cuenta los criterios de selección utilizados, entre más específicos sean estos criterios, se requiere mayor tiempo y esfuerzo para encontrar a los participantes de las pruebas. Los criterios a tener en cuenta para encontrar los participantes son (Rubin et al., 2011):

- Calcular el tiempo necesario para el reclutamiento de participantes.
- Tener contacto con organizaciones que estudien las discapacidades a tratar.
- Considerar las pruebas piloto como criterio de selección.
- Incluir información relevante en el cuestionario de selección.
- Considerar el uso de interpretes en el caso que sea necesario.

La ubicación o el lugar donde se van a realizar las pruebas de usabilidad, son en gran medida un factor importante en el desarrollo de las mismas. Realizar las sesiones en un laboratorio tiene ventajas y desventajas, así como realizarlas “sobre el terreno” en el lugar de trabajo o casa del participante, o en otro lugar. Realizar pruebas de usabilidad en un laboratorio suele significar que más miembros del equipo que trabajan en el proyecto puedan observar la interacción y permite la grabación de las sesiones (Rubin et al., 2011). Las sesiones informales con una animada interacción entre los desarrolladores y los participantes son especialmente útiles y pueden realizarse donde sea más conveniente para el equipo del proyecto, y no en un laboratorio, que es más formal.

Finalmente, es necesario planificar correctamente el tiempo que utiliza un paciente para realizar las pruebas propuestas. Para conocer el tiempo que se necesita, se puede tomar como guía el tiempo empleado en las pruebas piloto. Sin embargo, en algunos casos, el tiempo que duran las sesiones de un participante en las pruebas de usabilidad se ve influido por la discapacidad del sujeto y quizá sean más eficaces sesiones de más o menos duración (Rubin et al., 2011). Además del tiempo necesario para las pruebas, es importante tener en cuenta el tiempo que se requiere para la configuración de los dispositivos y tecnologías de apoyo y del tiempo requerido por el participante para familiarizarse con el software o producto (Rubin et al., 2011).

E.0.2.2. Preparación

La preparación de una prueba de usabilidad en la que participan personas con discapacidad suponen tener en cuenta las siguientes cuestiones (Rubin et al., 2011):

- Asegurar de que las instalaciones son accesibles.
- Preparar los materiales para las pruebas.
- Realizar pruebas piloto.

Es necesario asegurarse de que las instalaciones en las que se van a realizar las pruebas de usabilidad son accesibles para los participantes. Dependiendo de cada discapacidad, se debe comprobar aspectos como el acceso en silla de ruedas o espacio suficiente para un interprete. Para ello, se pueden realizar listas de chequeo para el acceso al lugar de pruebas como una visita previa con alguno de los participantes (Rubin et al., 2011).

Al preparar los materiales para las pruebas, se debe utilizar un lenguaje sencillo en el material. Esto será especialmente importante cuando los participantes tengan ciertos tipos de discapacidad cognitiva y les resulte difícil procesar información o instrucciones. Además se debe contar con los materiales en formatos alternativos y se deben considerar los siguientes documentos: indicaciones para llegar a las instalaciones, un formulario de consentimiento, un formulario de exoneración de responsabilidad, un acuerdo de confidencialidad, las instrucciones para el participante y las tareas que tiene que completar durante las pruebas de usabilidad (Rubin et al., 2011).

Las pruebas piloto son especialmente importantes cuando se trabaja con personas con discapacidad. Hay más cosas que pueden salir mal o que les pueden resultar nuevas a los orientadores que participen en las pruebas, como los problemas que puedan surgir con las tecnologías de apoyo. Las pruebas piloto ayudan a comprobar que no hay ninguna barrera o dificultad imprevista para los participantes en el estudio (Rubin et al., 2011).

E.0.2.3. Realización

Realizar con éxito una prueba de usabilidad con personas con discapacidad supone tener en cuenta los siguientes aspectos (Rubin et al., 2011):

- Acondicionar la sala.
- Orientar al participante.
- Realizar los trámites administrativos.
- Completar las tareas.
- Recoger los datos.

El acondicionar la sala es importante para que las pruebas de usabilidad sean exitosas, se deben tener en cuenta los espacios, la iluminación y las áreas de trabajo. Se debe comprobar que el área de trabajo este despejado de objetos innecesarios y que se tenga un ambiente agradable y tranquilo para que el participante se sienta cómodo y relajado (Rubin et al., 2011).

En la realización de las pruebas es necesario orientar siempre al participante; se debe animar al participante a que se familiarice con la configuración de cualquier tipo de hardware que se vaya a utilizar en la prueba, además de animarlo a que ajuste el equipo, la silla, etc. para que se sienta cómodo (Rubin et al., 2011). Si se va a utilizar alguna tecnología de apoyo en la prueba de usabilidad, es importante darle un tiempo para que compruebe los ajustes y los cambie si es necesario. Adicional a esto, el orientador de las pruebas debe presentarse, debe explicar el objetivo de las pruebas y el entorno de trabajo en el que se están desarrollando (Rubin et al., 2011).

Antes de iniciar la prueba es necesario que se completen todos los tramites administrativos, como lo son llenar los formularios de antecedentes, los consentimientos informados y los documentos importantes para la realización de las pruebas (Rubin et al., 2011). Es importante ayudar a los participantes a diligenciar los formatos cuando sea necesario y dar una explicación detallada de los mismos. Sólo se deben iniciar las pruebas cuando los participantes no tengan ninguna duda acerca de las pruebas que se van a realizar (Rubin et al., 2011).

Es importante que en las pruebas se completen las tareas planificadas. Para ello se deben realizar las tareas de manera secuencial para no confundir al participante, además se deben dar instrucciones claras de la tarea a realizar y cuando el participante lo requiera una explicación de la tarea. Algunas personas con discapacidad estarán especialmente ansiosas por completar las tareas sin ayuda y puede que les moleste si se les detiene antes de que acaben, si no se lo esperaban. Es importante

explicar a los participantes desde el principio de la sesión que puede que en algunas ocasiones se detenga la tarea antes de que la hayan completado (Rubin et al., 2011).

La recolección de los datos es el punto más importante en la realización de las pruebas de usabilidad. Es importante realizar un informe después de cada tarea y no uno sólo al final de toda la prueba. Esto es práctico para los participantes que han invertido mucho tiempo en la tarea, para las personas en edad avanzada que pueden tener cierta pérdida de la memoria a corto plazo y para los participantes con discapacidades cognitivas, a los que les resulta difícil procesar una gran cantidad de información (Rubin et al., 2011).

E.0.2.4. Evaluación

Para analizar los datos y realizar informes sobre un estudio de usabilidad que ha contado con participantes con discapacidad, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones (Rubin et al., 2011):

- Distinguir entre problemas de accesibilidad y problemas de usabilidad.
- Incluir parámetros relevantes del estudio.
- Elaborar las conclusiones.
- Escribir sobre personas con discapacidad.

En el momento de analizar los datos obtenidos es importante distinguir entre los problemas de usabilidad y los de accesibilidad, en muchas ocasiones se tienen a confundir estos tipos de problemas. Los problemas de usabilidad influyen a todos los usuarios por igual, independientemente de sus características (Rubin et al., 2011). Es decir, una persona con discapacidad no se encuentra en una situación más desfavorable que una persona sin discapacidad. Los problemas de accesibilidad reducen el acceso de las personas con discapacidad a un producto. Cuando una persona que tiene una discapacidad se encuentra en una situación de desventaja frente a otra persona sin discapacidad, se trata de un problema de accesibilidad.

En el momento de hacer el análisis de los datos es importante incluir parámetros relevantes al estudio que se está realizando publiquen sobre pruebas de accesibilidad con personas con discapacidad. Esto se hace para que los lectores entiendan y hagan uso de los datos del informe, además es posible que se deban incluir más detalles de los habituales sobre el alcance del estudio y los parámetros de evaluación, como los métodos de ensayo y las características de los usuarios. El diagnóstico médico concreto de un participante y su historial personal no suelen ser relevantes (Rubin

et al., 2011). La información que sí suele ser importante es qué estrategias de adaptación y tecnologías de apoyo utiliza y su experiencia con productos similares.

Al elaborar las conclusiones es importante indicar claramente qué afirma el informe y qué no, especialmente cuando es probable que las personas que lo lean no están familiarizadas con la evaluación de la accesibilidad. Por ejemplo, si en un estudio se hubiera contado sólo con participantes que fueran ciegos, se debería aclarar en el informe que no se evaluó la conformidad con las pautas de accesibilidad y que no se puede aplicar a todas las personas con discapacidad visual, ni a personas con otro tipo de discapacidad (Rubin et al., 2011). Además es importante tener en cuenta que a pesar que las pruebas se pueden realizar con un número bajo de participantes, no se puede generalizar las conclusiones para todos los usuarios que tengan la misma discapacidad, ya que existen diferencias individuales entre cada persona con discapacidad. Adicionalmente, unos resultados positivos en las pruebas de usabilidad no garantizan que el producto sea accesible para todas las personas con discapacidad, ni que cumpla los estándares de accesibilidad. Incluso los estudios de usabilidad a gran escala son incapaces de abarcar la diversidad que suponen las distintas discapacidades, estrategias de adaptación y tecnologías de apoyo (Rubin et al., 2011).

Finalmente, al escribir los informes sobre personas con discapacidad, se debe utilizar un lenguaje apropiado para referirse a las personas con y sin discapacidad. Se debe siempre poner a la persona en primer lugar y luego su discapacidad, evitar el uso de palabras como lisiado o retrasado. Cuando es necesario referirse a los participantes que no tienen discapacidad, se debe utilizar el término de “personas sin discapacidad”, evitando términos como “personas válidas”, “normales” o “saludables”. Además, cuando se redacte informes escritos sobre usabilidad, no se debe describir a un participante con discapacidad que haya tenido éxito como un superhombre o un héroe, se debe hablar sobre las personas con discapacidad con el mismo tono que se utilizaría al escribir sobre cualquier otro participante en las pruebas de usabilidad (Rubin et al., 2011).

Apêndice F

Artículo presentado en Webmedia2012

RESUMEN: Se presenta el artículo presentado en Octubre de 2012, en el XVIII Simposio Brasileiro de Multimedia y Web, en la ciudad de Sao Paulo. El tema que trata el artículo es un modelo de interacción multimodal para personas con discapacidades, el cual fue la base del modelo de interacción de este proyecto.

F.1. Certificado de Apresentação



F.2. Artículo

Multimodal Interaction System for Disabled People

Use Case: Playback of multimedia content

Sebastián Sastoque H.
Universidad Militar Nueva
Granada
Bogotá, Colombia

Soraya Colina
Clinical Phonoaudiologist and
Researcher
Bogotá, Colombia

Marcela Iregui
Universidad Militar Nueva
Granada
Bogotá, Colombia

ABSTRACT

In this paper, a multimodal interaction system for people with disabilities is presented. The system combines four different interaction techniques in a single graphical user interface for playback multimedia content. The combination of different interaction modalities aims to expand the number of potential users, by allowing the selection of appropriate interactions that fulfil their specific needs. In this work, we validate, for a study case, the idea that different methods of interaction allow a higher accessibility, this way, individuals experiencing permanent or temporary disabilities could benefit from technology applications.

Keywords

Human Computer Interaction, Interaction Techniques, Multimedia, Multimodal Interaction, Augmentative and Alternative Communication (AAC), Accessibility.

1. INTRODUCTION

People with disabilities face numerous daily challenges. Unfortunately the use of computers for these individuals is one of them. Although computers are becoming more advanced, people with disabilities encounter several problems that limit their access to technology. For a long time getting computers to be accessible for people with certain disabilities, was achieved. In many cases the approach was catering to the specific needs of a particular user. In that case, Human Computer Interaction practices focusing on people with disabilities, were made initially from handmade adaptations of surprising quality and usefulness. The disadvantage was being unable to perform effectively with others disabilities.

The mouse and keyboard, traditional devices for computer interaction, are useless for people with disabilities. For instance, Parkinson patients can hardly use a mouse because of the required precision to achieve any task [4]. Likewise, graphical user interfaces are usually very complicated for people with cognitive limitations, such as patients with apha-

sia who present problems interpreting complex instructions or processing the information in parallel. Interfaces with too many menus and buttons causes people with disabilities to refuse the use of computers because they get confused[8].

As Dumas et al [5] defined, multimodal systems interpret information from combining user input modes. They offer alternatives for human machine interaction that involve diverse and underserved users groups, achieving universal access. Therefore, different research projects, concerning multimodal interaction for people with disabilities, have been developed. The authors of *MailSaw* and *NaviSaw*[7] present a system for users with visual disabilities to browse the Internet, using voice synthesis, speech recognition and mouse commands to interact. In the project *BlindAid*[9], users interact with a haptic device in a 3D interface, through various unknown spaces, in order to carry out therapeutic activities for blind people rehabilitation. There are also several applications of unimodal interaction, such as mouse control from head movement[6], eye gaze[11] and hand gestures[12]. Some applications use virtual keyboards, speech recognition systems, communication boards and screen readers[1].

The applications referred above are based on the traditional model of HCI practices for people with disabilities, which focus on satisfying the needs of a specific group of users, limiting its use to a restricted group of users. For this reason, in this paper a multimodal interaction system is proposed, which allows to manipulate an application interface in different ways. It could be configured according to each user's preferences. The four methods of interaction implemented are: detection of head movements, image detection and recognition, trackball manipulation and command selection with an infrared pen (IRPen) in a GUI projection. The main goal of this work is to show, with a study case, that multimodal interaction improves applications usability, making them broadly accessible. The use case selected for validation consists of an application for playback multimedia content using the four methods of interaction mentioned above.

This paper is organized as follows: next section deals with the description of the use case. The third section focuses on the explanation of the four interaction techniques implemented, and their methods. The fourth section describes the proposed system with each of its components and their relationship. Finally, the last sections correspond to discussion of the results and conclusions of the work.

2. USE CASE

Multimedia technologies provide fuller entertainment experiences that generally are not accessible to disabled people. That is why, the selected use case consists on a playback multimedia content application, considering that many current players have usability limitations. This work is focused on two issues: The first one, concerning the design and implementation of accessible interaction techniques for people with sensory, motor or cognitive disabilities. The second one, concerning the software application design.

3. INTERACTION TECHNIQUES

The interaction methods implemented in this work, i.e. detection of head movements, image detection and recognition, trackball manipulation and command selection with an IR pen in a GUI projection, were designed based on the requirements of users with reduced motor skills and difficulties to follow complex instructions.

3.1 Head Movements Detection (HMD)

For users with reduced motor skills (i.e. quadriplegics), detection of head movements provides the possibility to control a software application. For the implemented use case, the instructions are identified by tracking the direction of the head movements, as shown in figure 1. That is, horizontal movement of the user's head is used to navigate between functions and vertical movements to perform a selected action.

The method implemented for motion detection is based on the *Frame Difference*[10] algorithm. Once the frame differences are performed, the movement areas are detected and the centers of these two bounding boxes are calculated to find the angle between these two points. According to the angle value the movement is associated with a direction between up, down, left or right. This process is repeated for the next 15 frames (1 second). The final decision is determined by calculating the more frequent direction.

3.2 Image Detection and Recognition (IDR)

The use of symbols or pictograms is broadly used in Augmentative and Alternative Communication (AAC) systems, specially for people with communication disorders (i.e. aphasia, autism) [2]. That is to say, images can be easily associated with an idea and then with an instruction.

Fifteen (15) standard symbols were stamped in plastic cards, each one related with an action on the playback multimedia system. Once a symbol card is placed in front of the camera, the system recognizes the symbol printed and performs an

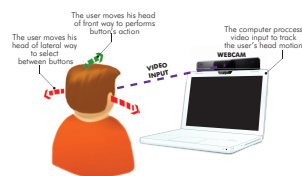


Figure 1: Head Movements Detection Interaction

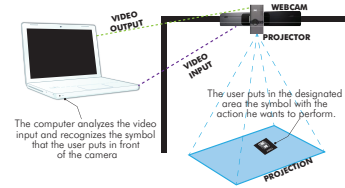


Figure 2: Image Detection and Recognition Interaction

action according to the associated instruction, as shown in figure 2.

When the video detects a symbol card the system proceeds to the recognition. The method used for image classification is based on the well known *emphSpeeded Up Robust Features (SURF)*[3] algorithm. In that method, feature extraction is performed by doing a scale-space representation of the image, followed by detection and description of the interest points. Secondly, the classification is performed by features matching using the nearest neighbor criteria.

3.3 Command selection with an IRPen (CSIR)

For some users it is difficult to use a mouse in order to interact with a graphical user interface, due to the precision required for that task (i.e. Parkinson). The method proposed to overcome that limitation is the use of an infrared pen to select the action from a projection of the GUI in a work surface. This method requires a particular arrangement of devices consisting of a projector, an IRPen and a Wiimote disposed as shown in the figure 3. Once the IR pen touches the surface, it emits a signal which is detected by the Wiimote and then transmitted to the application via bluetooth. The IR pen coordinates are used to select the action from the GUI.

3.4 Trackball Manipulation (TM)

Some users, particularly those with visual limitations and motion reduced upper limbs endure problems with traditional interaction systems [4]. Interaction based on movement fits these kind of users (see figure 4).

This interaction is based on gesture characterization from the movements performed by the user in a trackball device. These gestures are grasped from the momentum and the mo-

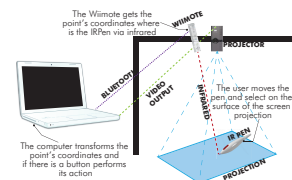


Figure 3: Command selection with an IRPen Interaction

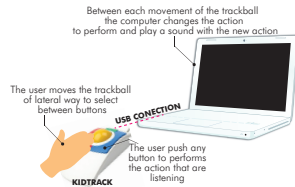


Figure 4: Trackball Manipulation Interaction

tion direction. The Euclidean distance between the starting point and the ending point is calculated to determine the displacement and the angle formed by these two points to establish the direction.

4. SYSTEM DESCRIPTION

The playback of multimedia content system, shown in figure 5, has a step by step choice where the final result is the reproduction of media. The system was designed to enhance the usability for people with limitations.

The system uses the same GUI for the different interaction modalities. The user first selects a content type and the *Interaction Analysis Module* interprets the user's input. Subsequently, the *Content Selection Module* returns the list of media for the selected type. To select the option, the *Interaction Analysis Module* interprets the user's action and finally, the *Content Playback Module* decodes the file and displays the content. The considered actions for this use case are playing, pausing and stopping the current content; looking for the next or previous content; and selection of music, text, images or video.

Summing up, the system is composed of three main modules, which are:

1. **Interaction Analysis Module:** The IAM applies algorithms and methods to grasp the user preferences from the different interaction possibilities and translates them to system instructions.
2. **Content Selection Module:** The CSM searches the indexed content locations for a specific content type.
3. **Content Playback Module:** The CPM opens and controls the media file. Mainly, it decodes the file and displays the content.
4. **Multimedia Content Indexes:** The structure of indexes of media files is organized in an XML file into

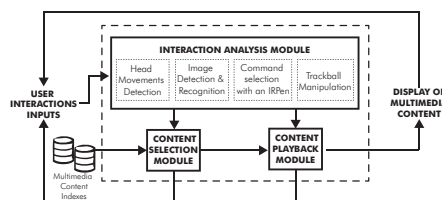


Figure 5: General description of the system



Figure 6: 55 years old woman with Broca's aphasia using the system

four categories, one for each type of content (audio, video, text or image). Each indexed file in a category has the *ID*, *Title*, *Author*, *Duration* and *Location* attributes.

5. RESULTS

A case study of a 55 years old woman with Broca's aphasia due to stroke in the Sylvian fissure of the left middle cerebral was considered. This person has deficits in language production and comprehension, she has gross motor skills, and she had previous contact with technology therefore knew how to use a computer. Before the evaluation, an explanation on the using of the system was given to the patient (see figure 6).

The following activities were performed with an allowed maximum of five (5) attempts: Play a song, play a video, find an image of your home, play the second video from the list, display a text, navigate in a text, show the duration of a song, show a song artist and show the title of a song.

Each activity was performed by using isolated interactions, and using multimodal interaction (see figure 7). For each trial, the time undertaken for each activity was measured, from the moment when the system shows the options for choose until the person achieve the task. When the user failed to do the task, the time is measured again from the beginning in a new attempt. The results reported in table 1 is the time of the first attempt that the user achieve the task.

A comparison was made with certain players using the mouse for the interaction, for the same tasks and test conditions mentioned above, obtaining the results shown in table 2.



Figure 7: Use of the proposed interaction

Table 1: Comparison between Interaction techniques results (seconds to achieve a task)

Task	HMD	IDR	CSIR	TM	Multimodal
Play a song	23s	21s	20s	28s	20s
Play a video	42s	38s	39s	40s	37s
Find an image of your home	78s	67s	72s	69s	65s
Play the second video from the list	39s	37s	35s	40s	35s
Display a text	31s	28s	38s	32s	30s
Navigate in a text	21s	18s	23s	20s	15s

Table 2: Comparison between players (seconds to achieve a task)

Task	iTunes	Windows Media Player	VLC	Our System
Play a song	50s	57s	63s	20s
Play a video	48s	60s	53s	37s
Find an image of your home		Player doesn't have this function		65s
Play the second video from the list	45s	60s	Don't achieve	35s
Display a text		Player doesn't have this function		30s
Navigate in a text		Player doesn't have this function		15s
Show the duration of a song	10s	12s	8s	4s
Show a song artist	15s	22s	20s	3s
Show the title of a song	20s	17s	25s	6s

6. DISCUSSION

Analyzing the obtained results in the study case, it is straightforward to affirm that the proposed system is usable for people with disabilities related with aphasia. This is due to several facts:

- The way in which the options are sequentially presented, since the user must not process a high number of information to decide what content to play, although this can become rather uncomfortable and unnecessary for a user who doesn't have a cognitive disability.
- Each interaction evaluated in an isolated manner improves usability due to the implementation of accessible interfaces adapted to specific user disabilities..
- The possibility of having multimodal interfaces allows fast interactions, because the user has different alternatives to attain the control of the application. Unlike isolated interactions that provide easier interactions for some options but not for the whole set.
- The proposed system is adequate and efficient for users with disabilities compared to other systems of the same kind. This is confirmed by the shorter amount of times used to successfully utilize applications as reported by the proposed system. This, being a result of accessible interfaces and simpler graphical interfaces. Moreover the implemented application presents a use case richer in options because it is adapted to different media as text, music, video and images.

7. CONCLUSIONS

This work has demonstrated that an application, with user driven interfaces for disabled and multimodality, enhances the accessibility and as well as the user's experience. In doing so, people experiencing a permanent or temporary situation of disability could benefit from the use of entertainment technology.

The development validates for a study case the fact that multimodal techniques permit the appropriation of techno-

logy and could be considered to be a applied in software applications.

In order to have more facts allowing the generalization of the conclusions, further work must be accomplished to develop an extended quantity of use cases that enable the evaluation of user experience variables in different scenarios. Additionally, this work must be validated by people with different disabilities and the population must be extended for each condition.

8. ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been funded by the Universidad Militar Nueva Granada in the framework of their PIC projects program.

We thanks Helieth Sánchez and Eduard Sierra for useful discussions and the comments provided during the development of this project.

9. REFERENCES

- [1] J. Abascal and R. Moriyón. Tendencias en interacción persona computador, 2002.
- [2] C. Basil, E. Soro-Camats, and C. Rosell. *Sistemas de signos y ayudas técnicas para la comunicación aumentativa y la Escritura*. Masson, 2004.
- [3] H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars, and L. V. Gool. Speeded-up robust features (surf). *Computer Vision and Image Understanding*, 110(3):346 – 359, 2008.
- [4] A. M. Cook, J. Polgar, and S. Hussey. *Cook and Hussey's assistive technologies: Principles and practice*. Mosby Elsevier, St. Louis, 2008.
- [5] B. Dumas, D. Lalanne, and S. Oviatt. Multimodal interfaces: A survey of principles, models and frameworks. In *Human Machine Interaction*. Springer Berlin / Heidelberg, 2009.
- [6] J. Gips, M. Betke, and P. Fleming. The camera mouse. In R. Press, editor, *Proceedings of RESNA 2000*, pages 98–100, 2000.
- [7] J. González, F. Sánchez, A. Lozano, M. Macias, and F. Sanchez Herrera. Navisaw y mailsaw herramientas multimodales para el acceso a internet para usuarios con discapacidad visual. Technical report, Universidad de Extremadura, 2007.
- [8] M. Iza. Tecnología computacional en afasia. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 56(1):101–123, 2003.
- [9] O. Lahav, D. Schloerb, S. Kumar, and M. Srinivasan. Blindaidd: A learning environment for enabling people who are blind to explore and navigate through unknown real spaces. In *Virtual Rehabilitation*, 2008.
- [10] P. Rivas Perea and M. Chacón Murguía. Evaluación de métodos de detección de movimiento. In *ITCH - ELECTRO 2005*, 2005.
- [11] L. E. Sibert and R. J. Jacob. Evaluation of eye gaze interaction. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 281–288. ACM, 2000.
- [12] X. Zabulis, H. Baltzakis, and A. Argyros. Vision-based hand gesture recognition for human-computer interaction. In *The Universal Access Handbook*. LEA, 2009.

Apéndice G

Artículo aprobado para presentación en TISE 2012

RESUMEN: Se presenta el artículo sometido a evaluación para presentación en el XVII Congreso Internacional de Informatica Educativa (TISE 2012), que se llevará a cabo en la ciudad de Santiago de Chile.

G.1. Aceptación de Artículo

Hemos finalizado el proceso de evaluación de los trabajos que fueron presentados a TISE2012. Los trabajos fueron evaluados por los miembros del Comité de Programa en forma anónima.

Tengo el placer de informarle que su trabajo Sistema de Interacción Multimodal para uso en Rehabilitación de la Afasia fue ACEPTADO para ser presentado como artículo completo, Full Paper, en TISE2012. El próximo paso en este proceso será preparar la versión final de su artículo. Para ello, solicito que lea atentamente los comentarios y sugerencias de los evaluadores que se presentan más abajo y que éstos sean considerados en la versión final de su trabajo. Este procedimiento de edición finaliza impostergablemente el día 11 de Noviembre. Las instrucciones para el envío de la versión final del artículo están en el sitio web de TISE2012. <http://www.tise.cl>

El trabajo en versión final puede ser enviado a través de la plataforma:
<https://www.easychair.org/account/signin.cgi?conf=tise2012>

Además, hasta ese mismo día debe enviar un mensaje de confirmación de asistencia al evento a la dirección tise@c5.cl. Es de suma importancia que confirme por escrito su asistencia en la fecha señalada, ya que de lo contrario su trabajo no será

publicado en las Actas del Congreso.

Cualquier consulta debe ser realizada a tise@c5.cl

Cordialmente,

Prof. Jaime Sánchez
Presidente del Comité de Programa, TISE2012

REVIEW 1

PAPER: 56

TITLE: Sistema de Interacción Multimodal para uso en Rehabilitación de la Afasia

AUTHORS: Sebastián Sastoque Hernández, Soraya Colina and Marcela Iregui

OVERALL EVALUATION: 4 (accept)

Originality: 5 (excellent)

Relevance: 5 (excellent)

Readability: 4 (good)

Soundness / Correctness: 4 (good)

REVIEW

Es un trabajo excelente. Esperamos una exitosa presentación acompañada del software. Indudablemente es un aporte positivo para la comunidad tanto de terapeutas y educadores, como de investigadores y desarrolladores de software.

REVIEW 2

PAPER: 56

TITLE: Sistema de Interacción Multimodal para uso en Rehabilitación de la Afasia

AUTHORS: Sebastián Sastoque Hernández, Soraya Colina and Marcela Iregui

OVERALL EVALUATION: 5 (strong accept)

Originality: 5 (excellent)

Relevance: 5 (excellent)

Readability: 5 (excellent)

Soundness / Correctness: 5 (excellent)

REVIEW

Excelente trabajo!

REVIEW 3

PAPER: 56

TITLE: Sistema de Interacción Multimodal para uso en Rehabilitación de la Afasia

AUTHORS: Sebastián Sastoque Hernández, Soraya Colina and Marcela Iregui

OVERALL EVALUATION: 4 (accept)

Originality: 4 (good)

Relevance: 4 (good)

Readability: 4 (good)

Soundness / Correctness: 4 (good)

REVIEW

El paper describe y explica de manera articulada y coherente un sistema de interacción multimodal que tuvo buena acogida por parte de pacientes y terapeutas.

El sistema de interacción multimodal aborda un problema que es relevante desde el punto de vista de la rehabilitación de pacientes con afasia. Faltó incorporar referencias a otras experiencias relacionadas.

Con respecto a la utilidad del dispositivo, tanto los terapeutas como los pacientes plantearon que el uso de este sistema tendría efectos positivos para resolver problemas de discapacidad.

Respecto a la encuesta de usabilidad de la interfaces y utilidad del sistema, hubiese sido ideal haber contado con universo de pacientes más amplio.

Las conclusiones soportan el objetivo inicial y existen proyecciones para un trabajo futuro, sin embargo se sugiere plantear una discusión considerando otras propuestas o soluciones alternativas.

G.2. Artículo

Sistema de Interacción Multimodal para uso en Rehabilitación de la Afasia

Sebastián Sastoque H.

Univerdiad Militar
Nueva Granada
Bogotá, Colombia
sebsasto@gmail.com

Soraya Colina M.

Fonoaudióloga Clínica
e investigadora
Bogotá, Colombia
sorayacolina@hotmail.com

Marcela Iregui G.

Universidad Militar
Nueva Granada
Ciudad, Colombia
hilda.iregui@unimilitar.edu.co

ABSTRACT

This article presents the evaluation of a multimodal interaction system for supporting rehabilitation therapies for people with aphasia. The system has three different interfaces, which employ advanced technologies to permit easy interaction. The study demonstrates the validity of the system for the rehabilitation process of people with disorders characterized by aphasia.

RESUMEN

En este artículo se presenta la evaluación de un sistema de interacción multimodal para el apoyo en terapias de rehabilitación para personas con afasia. El sistema cuenta con tres interfaces diferentes, las cuales emplean tecnologías avanzadas y gracias a esto permiten fácil manejo de la aplicación. El estudio demuestra la validez del sistema para los procesos de rehabilitación de personas con trastornos neurolingüísticos caracterizados por afasia.

KEYWORDS

Interacción Persona-Computador, Interfaces, Multimedia, Interacción Multimodal, Comunicación Aumentativa y Alternativa, Accesibilidad.

INTRODUCCIÓN

Los trastornos neurolingüísticos son definidos como todos los cambios o alteraciones presentes en el lenguaje, derivados de una patología neurológica, como los accidentes cerebrovasculares, tumores cerebrales y enfermedades infecciosas como la meningitis, entre otros [8]. La afasia es un trastorno neurolingüístico, definido por Ardila [1], como la alteración en la capacidad para utilizar el lenguaje, con conservación de la inteligencia y la integridad de los órganos fonatorios, causada generalmente por un accidente cerebrovascular o un traumatismo encefalocraneano, y en algunos casos tumores cerebrales.

Mientras las tecnologías de la información y comunicación han transformado áreas como el entretenimiento y el comercio, además de ser acogidas por muchas disciplinas académicas, el impacto en la evaluación y tratamiento de desórdenes del lenguaje ha sido relativamente poco. Pese a que los procesos de rehabilitación de la afasia siempre han

utilizado los avances tecnológicos que dispone la sociedad, como las grabadoras de voz y de vídeo, el uso de los computadores en el campo de la terapia del lenguaje, por parte de los terapeutas clínicos, es casi una excepción [7].

Por otro lado, las disfunciones físicas en el ámbito motor asociadas a la Afasia, como la hemiparesia, y los problemas cognitivos dificultan la comprensión e interpretación de ordenes complejas. Por esta razón, las modalidades convencionales de Interacción Humano Computador, específicamente el uso del ratón y el teclado, y la comprensión de las interfaces tanto gráficas como de interacción que se presentan en la actualidad, son una gran barrera para la apropiación y el uso de la tecnología por parte de las personas que presentan el trastorno de la Afasia, lo que dificulta su uso en procesos terapéuticos[6].

Actualmente la mayoría de los profesionales que tratan la afasia utilizan material análogo, en su mayoría impreso, como las fichas de lotería, ejercicios para colorear y material realizado por ellos mismos. El número de software o herramientas tecnológicas para los procesos de rehabilitación es muy reducido y en muchos casos desconocidos.

En el mercado existen aplicaciones de software como Lexia 3.0, el cual está diseñado para tratar diversos trastornos del lenguaje, a través de un número variado de ejercicios. Por otro lado, The Online Multimedia Language Assistant, es un software que asiste al paciente en su comunicación, por medio de la recomendación de palabras para construir frases de manera sencilla. Finalmente, NL-Denomina es un software enfocado a la recuperación del léxico y palabras para trabajar su denominación [10].

Las herramientas mencionadas anteriormente a pesar de poseer buenos contenidos y ejercicios enfocados a rehabilitación, presentan la problemática de las interfaces gráficas complicadas, con demasiados botones e instrucciones para realizar una actividad, lo que confunde al usuario con afasia. Además, se utilizan interfaces convencionales, como el ratón y el teclado, dificultando la interacción entre el paciente y las aplicaciones, lo cual genera resistencia al uso de dispositivos tecnológicos en su terapia.

Por lo anterior, en este artículo se propone un sistema de interacción multimodal para uso en rehabilitación de la afasia,

con una batería de ejercicios enfocados al tratamiento de dicho trastorno, con 3 modalidades de interacción diferentes que pueden ser utilizadas de manera individual o simultánea, permitiendo el acceso de forma natural a una interfaz gráfica de usuario especializada. Dichas interfaces para interacción se basan en la detección y el reconocimiento de imágenes, la selección de comandos en una superficie utilizando un lápiz infrarrojo y el uso de los movimientos de un "trackball" especializado. En este trabajo, se muestra la utilidad de la herramienta tecnológica propuesta en los procesos de rehabilitación de la afasia, haciendo uso de técnicas multimodales de interacción.

La estructura de este artículo está definida de la siguiente manera: la primera sección trata los métodos de interacción, junto con los algoritmos utilizados. Luego, se presenta la explicación de las funcionalidades del sistema. La tercera sección comprende la batería de ejercicios y su uso en procesos terapéuticos. Posterior a esto, se presentan los protocolos de pruebas, resultados y finalmente se enumeran las conclusiones de este trabajo.

MÉTODOS DE INTERACCIÓN

Los métodos de interacción utilizados en este trabajo, se diseñaron basándose en las necesidades de los usuarios con afasia, cuyas habilidades motoras son reducidas y presentan dificultades de seguir instrucciones complejas. Es así como se presentan tres interfaces acordes con la problemática: detección y reconocimiento de imágenes, selección de comandos con un lápiz infrarrojo (IRPen) en una proyección de una GUI y manipulación de un "trackball"; de acuerdo con estudios preliminares de evaluación en interfaces multimodales [13].

Detección y Reconocimiento de Imágenes

El uso de imágenes en los procesos de comunicación del ser humano es fundamental, ya que en la mayoría de los casos una palabra puede ser asociada de manera fácil con un concepto en concreto, de tal manera que un individuo se pueda expresar de manera sencilla, sin la necesidad de conocer como escribir o decir lo que quiere comunicar [2,9].

La técnica de interacción basada en la detección y reconocimiento de imágenes, que se muestra en la figura 1, utiliza un conjunto de sesenta (60) fichas plásticas, que poseen símbolos pictográficos asociados a un concepto, en seis (6) categorías, como lo propone el Sistema Pictográfico de Comunicación (SPC) utilizado en métodos de Comunicación Aumentativa y Alternativa (CAA).

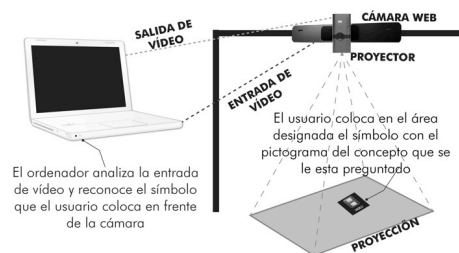


Figura 1. Técnica de interacción basada en la detección y reconocimiento de imágenes.

El método de reconocimiento, que se puede observar en la figura 2, inicia con el proceso de sensado, el cual se realiza por medio de una cámara web. Se analiza en tiempo real, cada fotograma del video (15 fotogramas por segundo), para detectar cambios significativos utilizando la técnica de Diferencia de Imágenes [11] y decidir así si existe movimiento. En el caso de no detectar movimiento, se inicia el preprocesamiento del último fotograma para el cual se realiza un proceso de segmentación para detectar el área donde se encuentra la ficha.

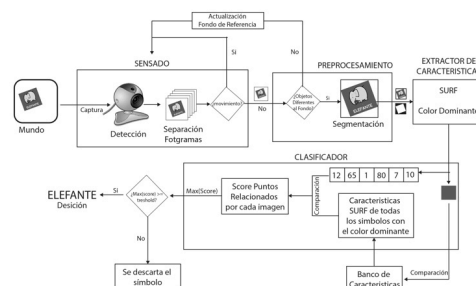


Figura 2. Técnica de reconocimiento de patrones para la clasificación de los símbolos pictográficos.

El proceso continúa con la extracción de características la cual se realiza a partir de dos técnicas que permiten la descripción de imágenes: la primera de ellas es el color dominante que se presenta en la ficha, ya que cada categoría utilizada posee un fondo de color característico y la segunda los descriptores obtenidos a partir de la técnica de Speeded Up Robust Features (SURF)[3]. Este último por la robustez del algoritmo ante cambios en tamaño, rotación y oclusiones.

La fase de clasificación se realiza obteniendo, de un banco de imágenes, el conjunto de imágenes que poseen un color dominante similar al extraído del pictograma que se está analizando. Con el grupo de imágenes clasificado anteriormente, se procede a la comparación de los descriptores SURF con los de la imagen analizada, por medio del algoritmo de distancia mínima. Con esto se determina un puntaje para cada imagen del banco, el cual está dado por la

cantidad de puntos relacionados entre la imagen del banco y la imagen que se está analizando.

La imagen analizada se clasifica como igual a una imagen del banco de pictogramas, si el puntaje obtenido es mayor al 80% del total de puntos de la imagen del banco. En dado caso que 2 o más imágenes superen este porcentaje, se procede a clasificarla como igual a la imagen que posea el mayor puntaje. En caso que el puntaje no supere el porcentaje se indica que la imagen no se encuentra en el banco.

Selección de comandos con IRPen

El uso de lápices para los procesos de escritura se inicia generalmente desde muy temprana edad, su forma de utilización puede considerarse como un proceso mecánico, que se recuerda de manera sencilla, a pesar de la discapacidad que poseen las personas con afasia para la comunicación o la escritura [2]. Por lo anterior, el sistema utiliza una interfaz de interacción por selección de comandos usando un lápiz infrarrojo, "IRPen", como se muestra en la figura 3.

Esta interfaz posee una configuración especial, en la cual, por medio de un mini proyector, un lápiz emisor de rayos infrarrojos y un control "Wiimote", el usuario interactúa de forma natural con la interfaz gráfica (GUI) sobre una superficie de trabajo.

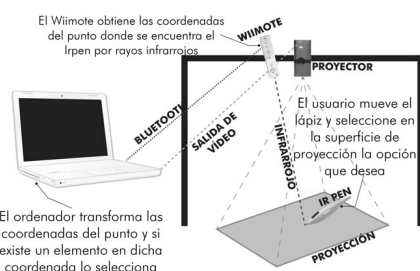


Figura 3. Técnica de interacción por selección de comandos con un Lápiz Infrarrojo (IRPen) en una superficie.

La captura de las coordenadas en la superficie se realiza con el "Wiimote", el cual interpreta la fuente de rayos infrarrojos (IRPen) y la comunica al ordenador por medio de bluetooth. El computador hace la transformación de coordenadas y si el punto coincide con algún elemento de la interfaz, se realiza la acción de dicho elemento.

Manipulación del "Trackball"

Se conocen como Tecnologías de Asistencia (TA) [5], a aquellos dispositivos, pieza de equipamiento o sistema de productos, adquiridos comercialmente, modificados o hechos a medida de cada individuo, que se utilizan para aumentar, mantener o mejorar las capacidades funcionales de individuos con discapacidad para su vida cotidiana o el acceso de servicios.

El "trackball" es un dispositivo de TA, que reemplaza el uso del ratón y ayuda al acceso del computador, sin la necesidad del desplazamiento del dispositivo en la superficie. En la mayoría de los casos, se puede utilizar con los dedos, la mano, el codo y los pies.

La técnica de interacción por medio del "trackball", que se muestra en la figura 4, utiliza los movimientos de la bola para el control del puntero del ratón y los botones para la selección de una acción. Este modelo de interacción es similar al utilizado por el ratón, con la diferencia de que en el caso del "trackball" el dispositivo no se mueve, facilitando el control del puntero al no requerir de movimientos finos y precisos para su funcionamiento.

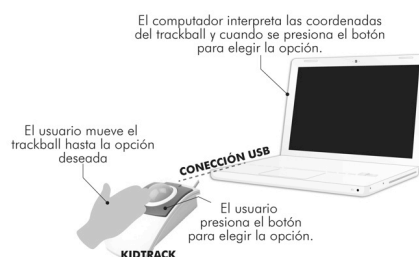


Figura 4. Técnica de interacción por manipulación de un "Trackball".

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Los dispositivos utilizados por el sistema son de fácil acceso en el mercado, estos son: el "Wiimote", la cámara web, el mini proyector, el lápiz emisor de rayos infrarrojos, el "trackball", las fichas con los pictogramas, los parlantes y un computador. El montaje de dichos dispositivos, posee una disposición especial para el correcto funcionamiento de los métodos de interacción, que se puede observar en la figura 5.



Figura 5. Disposición de los dispositivos para los procesos de interacción.

El objetivo del sistema es proporcionar una herramienta tecnológica a los terapeutas, que pueda ser utilizada en los procesos de rehabilitación de los pacientes con afasia. Para ello, cuenta con la gestión de múltiples pacientes y tres

funcionalidades principales: estudiar, evaluar y agendar ejercicios.

Las funcionalidades de estudiar y evaluar se dirigen principalmente a presentar ejercicios a los pacientes con una instrucción en texto y audio, una imagen representativa del ejercicio y sus opciones, como se muestra en la figura 6.

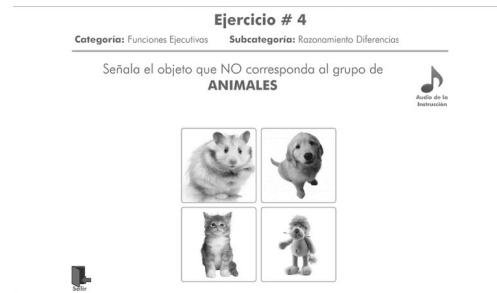


Figura 6. Presentación de la actividad en las funcionalidades de estudiar y evaluar.

La funcionalidad *Agendar ejercicios*, permite al terapeuta buscar y asignar a un paciente específico, las actividades necesarias para su tratamiento. Por su parte, la funcionalidad *Estudiar* brinda al terapeuta la oportunidad de entrenar al paciente en diversos procesos neurolingüísticos, por medio de las actividades propuestas. Finalmente, la funcionalidad *Evaluar*, ayuda al terapeuta a evaluar los procesos realizados en sesiones previas de estudio, para así poder enfocarse en la rehabilitación de las áreas más afectadas y de menor recomendación.

El ciclo del sistema inicia con el agendamiento de ejercicios a un paciente, el paciente realiza la sesión terapéutica con el sistema realizando sus ejercicios asignados y al finalizar el sistema indica que se puede proceder a evaluar las habilidades obtenidas en la sesión de estudios. Dicha evaluación se puede realizar en la misma o en la siguiente sesión. El sistema no permite el agendamiento de nuevos ejercicios hasta no haber realizado la evaluación de todas las actividades que se han estudiado. Al finalizar la sesión de evaluación, el ciclo vuelve a comenzar.

BATERÍA DE EJERCICIOS

Los ejercicios que presenta el sistema, se basan en el modelo para rehabilitación planteado por Sardinero [12], el cual fue concebido a partir de conocimientos teóricos y procedimientos metodológicos recientes en el ámbito de la neuropsicología cognitiva, de la estimulación y rehabilitación neuropsicológica, campos que influyen directamente en el tratamiento de la afasia.

La batería de ejercicios cuenta con seis (6) categorías y dieciséis (16) actividades en total, que se pueden observar en la figura 7. La selección de las imágenes, textos y audios de cada actividad responden a las necesidades de los pacientes,

como lo son: su vocabulario, su idioma, sus capacidades perceptivas, sus intereses y su estado psicológico.

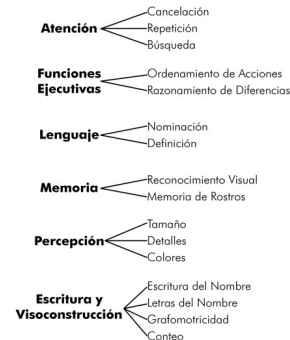


Figura 7. Categorías y actividades de la batería de ejercicios.

Las actividades de cada categoría tienen como objetivo reforzar y ayudar en el proceso de rehabilitación de un área específica de las capacidades neurolingüísticas y neuropsicológicas del individuo.

La categoría de *Atención* está enfocada a mejorar y mantener la capacidad de concentración y de atención de la persona. La de *Funciones Ejecutivas* se especializa en estimular los procesos de razonamiento, control atencional y toma de decisiones. La categoría de *Lenguaje* trata el mantenimiento y restablecimiento de las habilidades comunicativas del paciente. La de *Memoria* busca mantener las estrategias y técnicas efectivas que estimulen el mantenimiento, aprendizaje y recuperación de la información. La categoría de *Percepción* busca estimular la capacidad de la persona para identificar los objetos del entorno. Finalmente, la de *Escritura y Visoconstrucción* ayuda en el control de la grafomotricidad, el cálculo simple y la escritura.

Las actividades que utiliza el sistema, se basan en el seguimiento de una orden por parte del paciente, quien debe elegir la respuesta correcta entre un grupo de posibilidades.

La gran mayoría de las preguntas son de selección única y múltiple, según el objetivo de la actividad. Por ejemplo, en la actividad de *cancelación* el paciente debe elegir todos los elementos que son iguales a un estímulo presentado, mediante una selección múltiple; por otro lado, en la actividad de *definición*, se le pregunta al paciente que señale el objeto que corresponde a una definición dada, por medio de una selección única.

Cabe descartar entre las actividades, aquellas de *Nominación y Escritura del Nombre*. La primera, utiliza como única interacción la detección y reconocimiento de imágenes, y el ejercicio consiste en ordenarle al paciente que ponga frente al sistema, en un área determinada, la ficha que corresponde a un concepto dado. La segunda, motiva la escritura del nombre

del paciente, por medio del reconocimiento de texto escrito, caracterizando los trazos hechos con el IRPen sobre la superficie, la cual se detecta en ocho direcciones posibles. Dicha caracterización es comparada con la de cada letra del abecedario por medio del algoritmo de distancia mínima de Levenshtein[4], como se muestra en la figura 8.

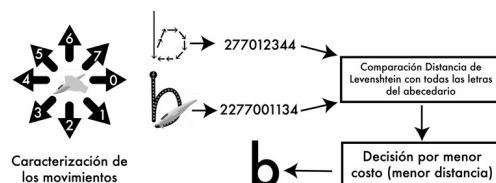


Figura 8. Descripción del algoritmo utilizado para el reconocimiento de trazos.

PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Se realizaron pruebas experimentales con tres pacientes con afasia motora eferente y 8 terapeutas con experiencia en el tratamiento de la afasia. El objetivo principal de las pruebas fue validar la usabilidad del sistema.

Pruebas con pacientes

Las pruebas realizadas con los pacientes (figura 9), se enfocaron en medir la facilidad de uso de las interfaces de interacción y validar la utilidad del sistema en procesos terapéuticos. Dichas pruebas, fueron asistidas por el terapeuta tratante y en ningún caso se evaluaron las capacidades cognitivas ni las habilidades comunicativas de los pacientes. Para medir la usabilidad se le solicitó a cada paciente que realizara un ejercicio de cada actividad, utilizando los métodos de interacción por separado y en conjunto. Luego de realizar los ejercicios se les presentó un cuestionario con las preguntas:

1. ¿Le gustó utilizar el sistema?
2. ¿Entendió la manera de utilizar el sistema?
3. ¿Volvería utilizar el sistema en sus terapias?
4. ¿Cree que el sistema le ayudaría en el tratamiento de su discapacidad?
5. ¿Sintió angustia o confusión al utilizar el sistema?

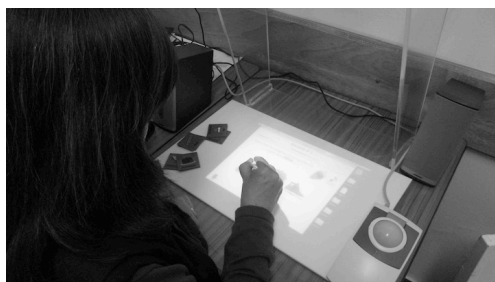


Figura 9. Pruebas de usabilidad del sistema realizadas a pacientes.

Además se solicitó a cada individuo que libremente expresara cualitativamente su experiencia con el sistema. El cuestionario fue contestado por el paciente con la asistencia del terapeuta.

Pruebas con terapeutas

Para las pruebas con los terapeutas, primero se expuso la generalidad de la aplicación y del sistema en general. Se les informó sobre los objetivos del mismo, sus contenidos, sus funcionalidades, las interfaces de interacción y su forma de uso. Luego cada uno de los usuarios realizó pruebas en el sistema de forma autónoma, por medio del desarrollo de actividades y ejercicios propuestos, con cada método de interacción. Lo anterior con el fin de validar las funcionalidades *estudiar, evaluar y agendar ejercicios*. Al finalizar, se realizó una encuesta en lo que se busca evaluar facilidad de uso, utilidad y contenidos. Además, Se solicitó a cada uno la valoración de cada interfaz de interacción con un valor numérico de 1 a 10 en las cualidades de facilidad, memorabilidad, naturalidad y eficiencia.

RESULTADOS

Pruebas con pacientes

De acuerdo con las pruebas realizadas con los pacientes, para cada pregunta se obtuvieron los resultados que se observan en la tabla de la figura 10.

Pregunta	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3
¿Le gustó utilizar el sistema?	Si	Si	Si
¿Entendió la manera de utilizar el sistema?	Si	Si	Si
¿Volvería utilizar el sistema en sus terapias?	Si	Si	Si
¿Cree que el sistema le ayudaría en el tratamiento de su discapacidad?	Si	Si	Si
¿Sintió angustia o confusión al utilizar el sistema?	No	Si	No

Figura 10. Respuestas de los pacientes a las preguntas realizadas.

Además, en las opiniones cualitativas del sistema, se obtuvieron comentarios diversos y en general positivos como por ejemplo el referido por el Paciente 2, quién ante la pregunta que cómo le pareció la experiencia con el sistema, contestó: "Es Muy buena, los medios utilizados para llevar a cabo el ejercicio. Sentí alegría, incertidumbre si lo que marcaba estaba bien, me sentí feliz cuando acertaba".

Pruebas con terapeutas

El resultado de la valoración de las cuatro cualidades por cada interfaz, se observa en la tabla de la figura 11. Para cada una de las cualidades se determinó el promedio de la calificación a las preguntas relacionadas. A su vez, se calculó la media de las calificaciones por cada cualidad para los 8 terapeutas que intervinieron en la prueba.

Cualidad	IRPen	Trackball	Fichas
Facilidad	8.26	8.76	8.76
Naturalidad	8.76	8	8.76
Eficiencia	9.5	8.26	8.5
Memorabilidad	9.5	8.26	9
Promedio	9	8.32	8.75

Figura 11. Promedio de la valoración numérica de las interfaces de interacción.

La evaluación por parte de los terapeutas, de los criterios de usabilidad del sistema se pueden observar en la tabla de la figura 12.

Terapeuta	Facilidad de uso	Utilidad	Contenidos
Terapeuta 1	9.72	8.26	9.76
Terapeuta 2	10	8	8.26
Terapeuta 3	8.28	9.5	6.58
Terapeuta 4	6.58	6.76	5.76
Terapeuta 5	9.72	9.5	9
Terapeuta 6	9.42	9.5	9.5
Terapeuta 7	8.86	8.5	7.26
Terapeuta 8	8.86	8.76	8.76
Promedio	8.94	8.6	8.12

Figura 12. Promedio de la valoración numérica de los aspectos de usabilidad.

En la tabla de la figura 12, se evidencia el promedio de calificaciones de 0 a 10 por parte de los terapeutas en relación a preguntas realizadas para medir cada aspecto.

En las entrevistas realizadas a los terapeutas, en las que se les pedía referirse a la experiencia y concepto del sistema, el terapeuta con mayor experiencia en tratamiento de la afasia refiere: *“La ejecución de las acciones en el sistema por parte del terapeuta y del paciente son muy claras y simples, lo cuál es importante en función del tiempo de ejecución. El sistema tiene mucho potencial terapéutico más allá del manejo de la afasia”*.

A su vez el terapeuta con menor experiencia refiere: *“Es un sistema fácil de usar, llamativo y agradable. Usa herramientas como el lápiz, las fichas y el trackball, que son de fácil manejo. Esta bien organizado y es un sistema que abre más puertas en la continuidad de elaboración de material terapéutico”*.

DISCUSIÓN

Pruebas con pacientes

Las pruebas con pacientes muestran unos resultados positivos, en general los pacientes manifiestan agrado por el sistema y su interfaz. Además en general refieren que volverían a utilizarlo en su proceso terapéutico.

Es de destacar el comentario referido por la paciente 2 en cuanto manifiesta que sintió alegría e incertidumbre, sentimientos muy propios de los juegos. El paciente estaba tan inmerso en los ejercicios, que la angustia generada por la interacción con el computador, pasó a ser aquella que se genera al disfrutar de una actividad lúdica.

Pruebas con terapeutas

En lo referente a las pruebas con los terapeutas, los resultados también fueron positivos, en promedio todas las calificaciones se puntúan por encima de ocho (8) lo cual es bastante satisfactorio.

En cuanto a las cualidades de las tres interfaces de interacción, es de destacar la buena valoración que se le da al uso del lápiz con la superficie proyectada. Esto corrobora la hipótesis de que se realiza intuitivamente y los problemas que podían surgir están relacionados con la fuerza y la postura del mismo.

Por otro lado, a pesar de que el trackball podría ser fácilmente usado por personas con dificultades motoras, no fue la interfaz mejor calificada. Esto teniendo en cuenta que se requiere algún entrenamiento previo para su uso.

Finalmente en relación con la evaluación general de los tres criterios de calidad, facilidad de uso, utilidad y contenidos, es claro que la primera es la característica más importante del sistema. Sin embargo, la utilidad y los contenidos tienen buena calificación a pesar de ser un sistema piloto. Estos últimos pueden ser mejorados mediante la ampliación del rango de ejercicios.

CONCLUSIONES

En este artículo se presenta un sistema de apoyo a las terapias de rehabilitación de personas con afasia, el cual posee mecanismos multimodales de interacción y se demuestra que estos son de utilidad para el sistema ya que facilita su uso y es de gran utilidad como apoyo a las terapias de personas con problemas neurolingüísticos.

El sistema fue probado por pacientes y terapeutas logrando una gran acogida entre ambas poblaciones y se presenta como una herramienta válida y de bajo costo para implementarla en clínicas y centros especializados.

Quedan abiertas las puertas para usarla en pacientes con problemas diferentes y en mejorar o adicionar nuevas y novedosas interfaces que permitan mejor accesibilidad.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer muy especialmente a los pacientes y terapeutas que participaron en el estudio y al grupo de investigación ACCEDER de la Universidad Militar Nueva Granada.

REFERENCIAS

- [1] Ardila, A. (2006). Las Afasias. Department of Communication Sciences y Disorders, Miami, Estados Unidos.
- [2] Basil, C., Soro-Camats, E., y Rosell, C. (2004). Sistemas de signos y ayudas técnicas para la comunicación aumentativa y la Escritura. Masson.
- [3] Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T., y Gool, L. V. (2008). Speeded-Up Robust Features (SURF). Computer Vision y Image Understanding, 110(3):346-359.
- [4] Cáceres, A., (2008). La métrica de Levenshtein. Revista de Ciencias Básicas UJAT, 7(2):35-43.
- [5] Cook, A. M., Polgar, J., y Hussey, S. (2008). Cook y Hussey's assistive technologies: Principles y practice. Mosby Elsevier, St. Louis.
- [6] Flores, B. G. (2008). Las afasias: Conceptos clínicos. En Manuales de Medicina de Comunicación Humana, number 7. Instituto de la Comunicación Humana.
- [7] Iza, M. (2003). Tecnología computacional en afasia. Revista de Psicología General y Aplicada, 56(1):101-123.
- [8] Martínez, J. M. (2008). Neurolingüística: patologías y trastornos del lenguaje. Revista Digital Universitaria, 9(12).
- [9] Mayer, J. (1981). The Picture Communication Symbols. Stillwater.
- [10] Ríos Rincón, A., Laserna Gutiérrez, R., Melo Olivera, R., Vargas, M. C., y Ramirez, N. C. (2007). Tecnología y discapacidad. Reporte Técnico, Universidad del Rosario.
- [11] Rivas Perea, P. y Chacón Murguía, M. (2005). Evaluación de métodos de detección de movimiento. En ITCH - ELECTRO 2005.
- [12] Sardinero, A. Presentación y guía didáctica de la colección "Estimulación cognitiva para adultos. Talleres Cognitiva, 2010.
- [13] Sastoque, S., Colina, S., y Iregui, M. (2012). Multimodal interaction system for people with disabilities. En Webmedia2012. Universidad de Sao Paulo.

Apéndice H

Informe Final de la Asignatura Reconocimiento de Patrones

RESUMEN: Se presenta el informe final de la asignatura de reconocimiento de patrones donde se explica detalladamente la técnica de reconocimiento de pictogramas utilizando las características de color y los descriptores SURF.

Método de Reconocimiento de Símbolos Pictográficos de Comunicación basado en los descriptores SURF para Comunicación Aumentativa y Alternativa

Sebastián Sastoque H
u1200905@unimilitar.edu.co

Resumen—En el siguiente trabajo se propone un método de reconocimiento de patrones para la clasificación de símbolos pictográficos para la comunicación, utilizando descriptores de color dominante y de características SURF, optimizadas para un banco de pictogramas indexados previamente.

Index Terms—Comunicación Aumentativa y Alternativa, Reconocimiento, Pictogramas, Sistema SPC, SURF, Color Dominante.

I. INTRODUCCIÓN

EL Sistema de Símbolos Pictográficos para la Comunicación (SPC), representa de una forma bastante clara las palabras y conceptos más habituales en la comunicación cotidiana, donde se utiliza una categorización por medio de colores y símbolos pictográficos para las expresión de frases cortas utilizadas en la vida cotidiana de la persona con discapacidad, donde dichos símbolos establecen una relación perceptual entre el significado y el significante. Está especialmente indicado para personas que, debido a su discapacidad (Autismo, Daño Cerebral, Afasia, ...), tienen limitadas sus competencias comunicativas, es decir, manifiestan un nivel de lenguaje simple, un vocabulario limitado y elaboran estructuras de frases muy cortas.

El sistema SPC es accesible para sujetos con un bajo desarrollo del lenguaje, siendo transparente, ya que su significado puede ser deducido por una persona que no conozca el sistema. Sin embargo, dicho concepto de transparencia es muy relativo, ya que esta ligado directamente con el contexto cultural en el que se aplique el sistema, siendo necesario una adaptación del sistema SPC, diseñado por R. Mayer Johnson, para su uso por la población colombiana [1].

En el desarrollo de aplicaciones de CAA utilizando el sistema SPC, existen diversos softwares comerciales que se encuentran a nivel mundial, dentro de ellos se encuentran MinSpeak, BoardMaker, SPCPrinc, WinSpeak, Sicla, Plaphones y T-comunica, entre varios más [2]. Estos software presentan diferentes funcionalidades como lo es construcción de tableros de comunicación, síntesis de voz, módulos de aprendizaje, comunicación e intercomunicación. Además, una de las características más importantes de estos sistemas es la adaptación y flexibilidad que estos presentan

para ser aplicados a diferentes personas con necesidades específicas para la interacción con el mismo, esta flexibilidad esta sujeta al hardware disponible en el mercado como lo son los pulsadores, los teclados de conceptos y los trackballs, entre otros.

Tomando en cuenta la premisa que los sistemas SPC son transparentes para la interpretación de los símbolos presentados y que existen diversas técnicas de interacción aplicadas a los sistemas computacionales de CAA, el propósito de este trabajo es el diseño e implementación de una técnica de reconocimiento de patrones y análisis de imágenes, para el reconocimiento de fichas físicas con símbolos pictográficos de comunicación, diseñados para ser utilizados por población colombiana. Para ello se diseñó un conjunto de símbolos pictográficos que representan conceptos utilizados por la población colombiana, tomando como modelo el sistema SPC, además se caracterizaron dichos símbolos y se implementó un clasificador basado en el concepto de mínima distancia.

En el siguiente documento se presenta primero en la sección III una explicación detallada del método propuesto teniendo en cuenta el proceso general de reconocimiento de patrones, donde se explica detalladamente el paso a paso del método propuesto. Luego en la sección V se presenta un conjunto de pruebas con su resultado para la optimización de los atributos de las características SURF aplicados al banco de pictogramas específico del sistema SPC propuesto. Luego en la sección VI se presenta el análisis de los resultados y el funcionamiento del método y finalmente en la sección VII se muestran las conclusiones del proyecto.

II. MUNDO

El mundo que se toma para el desarrollo del proyecto es un ambiente controlado, de fondo blanco, donde se analiza únicamente un pictograma para ser reconocido. El número de símbolos diseñados para la población colombiana esta compuesto por 60 pictogramas, un ejemplo se muestra en la figura 1, 10 por cada una de las siguientes categorías: animales, comidas, partes del cuerpo, objetos, frutas y prendas de vestir.

La categorización de las palabras y la elección de las mismas, se realizó a partir de la experiencia de un profesional



Figura 1. Fichas pictográficas físicas de la categoría de comidas diseñadas para su reconocimiento.

en fonoaudiología en el proceso de rehabilitación de Afasia [3]. Cada categoría consta de un conjunto de palabras, que representan un nivel de dificultad para su evocación, estos niveles son: palabras de una sílaba, de dos sílabas y de 3 o más sílabas. Las palabras utilizadas en cada categoría se eligieron de manera aleatoria dentro de un grupo de palabras tomadas del Test de Vocabulario de Boston [4], el Test de Boston para el diagnóstico de la Afasia [5] y el sistema SPC diseñado inicialmente por Mayer [1], traduciendo dichos conceptos al lenguaje utilizado en el contexto cultural de la población colombiana.

Para el diseño de las fichas se tomó en cuenta las especificaciones propuestas por Mayer [1], teniendo un tamaño de 5x5 cm en material de acrílico, pintadas de color mate para evitar la reflexión de la luz, se tomaron 6 colores 1 representativo por cada categoría como se muestra en la figura 2.

Categoría	Color	Representación en el espacio de color CMYK				Visualización del Color
		Valor C	Valor M	Valor Y	Valor K	
Animales	Rojo	8	87	98	0	
Objetos	Naranja	0	58	98	1	
Prendas de Vestir	Amarillo	4	4	87	0	
Frutas	Verde	46	18	95	64	
Partes del Cuerpo	Azul	97	80	10	28	
Comidas	Morado	53	98	6	18	

Figura 2. Mapa de colores para las categorías de los símbolos pictográficos

III. MÉTODO DE RECONOCIMIENTO

Para el método de reconocimiento de pictogramas se partió de la definición de un sistema de reconocimiento de patrones expuesto en el seminario de reconocimiento de patrones [6] donde es definido como una técnica utilizada desde hace mucho tiempo, que nos ayuda a clasificar y etiquetar ciertos objetos o conceptos, a partir de una decisión,

apoyándose en diversas áreas como la matemática y la estadística, que está compuesta por 4 pasos principales que son el sensado, preprocesamiento, extracción de características y clasificación.

El método a utilizar para el reconocimiento de los pictogramas se puede observar de manera general en la figura 3, en el cual se encuentra inicialmente el mundo planteado para el problema a tratar, el cual es un ambiente controlado donde solo se tendrá un pictograma para reconocer puesto sobre un fondo de color blanco.

El método de reconocimiento inicia con el proceso de sensado el cual se realiza por medio de una cámara web, con la funcionalidad de detección de movimiento de tal manera que si existe algún movimiento en el mundo, el método continúa con el proceso de sensado y si no se procede al preprocesamiento de los datos. Estos datos son un flujo de vídeo captado tiempo real el cual es representado como una secuencia de imágenes por medio de la extracción de fotogramas.

El preprocesamiento es necesario para aislar los datos relevantes al reconocimiento de patrones, por esto cuando se extraen los fotogramas estos son analizados para detectar si existe o no un objeto diferente al fondo. Si existe dicho objeto este pasa a ser segmentado y si no existe se procede al proceso de sensado nuevamente.

El proceso continúa con la extracción de características la cual se realiza a partir de dos técnicas que permiten la descripción de imágenes: la primera de ellas es el color dominante que se presenta en la ficha y la segunda los descriptores obtenidos a partir de la técnica de Speeded Up Robust Features (SURF).

Luego la fase de clasificación se realiza primero obteniendo el conjunto de imágenes que posean un color dominante similar al extraído del pictograma que se desea reconocer de un banco de pictogramas y luego por medio de los descriptores SURF se utiliza la distancia mínima que se presenta en la cantidad de puntos relacionados entre el pictograma y las imágenes obtenidas del banco de características.

La decisión de clasificación es tomada a partir de la menor distancia en la cantidad de puntos que se obtiene de cada comparación, la cual supera un número mínimo de puntos emparejados, clasificando de tal manera dicho pictograma como igual al que posea el la mayor cantidad de puntos relacionados. Si dicha distancia no supera el mínimo requerido de puntos, se dice que la ficha no pertenece al sistema SPC que se está utilizando.

III-A. Sensado

El proceso de sensado se realiza en tiempo real por medio de la cámara web LiveCam! inPerson HD de creative [7],

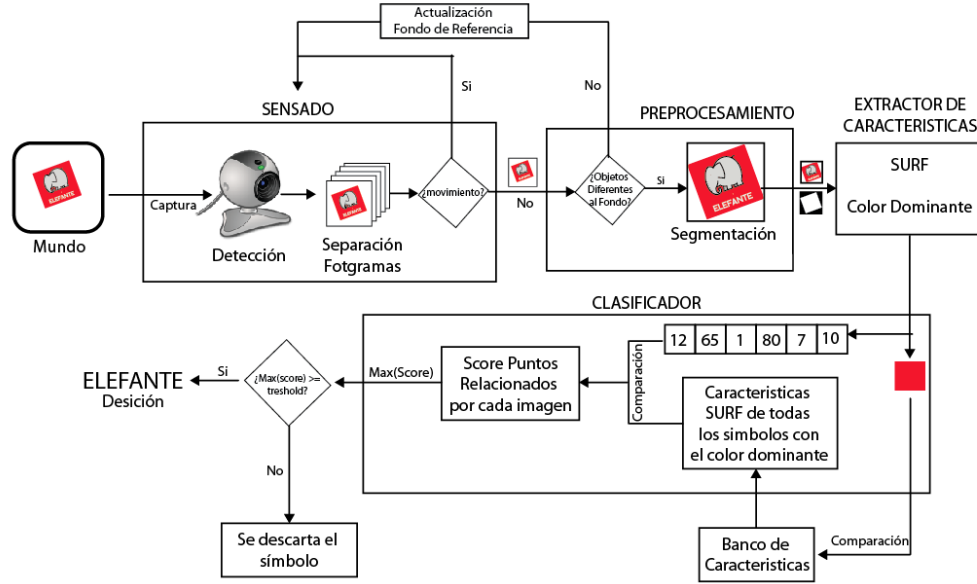


Figura 3. Esquema general del método de reconocimiento de Símbolos Pictográficos de Comunicación (SPC)

el objetivo de esta fase es captar el mundo por medio del flujo de vídeo, este es de un tamaño de 1280x720 píxeles, tomando 15 imágenes por segundo, durante este proceso se hace de manera automática, la detección de movimiento por medio de un nivel de movimiento, dado por la relación del número de píxeles que cambian entre de un fotograma a otro con respecto al tamaño de la imagen, de tal manera que si este nivel sobrepasa un umbral específico no se inicia el proceso de reconocimiento. El umbral utilizado fue de 15 % por recomendaciones prácticas del entorno de desarrollo [8].

El proceso de sensado se hace a una distancia de 50 cm de la ficha con el pictograma como se muestra en la figura 4, esta consideración se tomo a partir de un prototipo de interacción para personas con discapacidad, desarrollado en un proyecto de iniciación científica de la Universidad Militar Nueva Granada [9].

III-B. Preprocesamiento

El objetivo del preprocesamiento es la segmentación de la imagen que se esta analizando únicamente al área donde se encuentra el pictograma. El flujo realizado en esta fase inicia con el primer fotograma captado al inicio del método de reconocimiento, el cual se considera como el fondo con el que se va a trabajar, el cual es nombrado como $B_g(x, y)$ y las imágenes obtenidas del flujo de video se encuentra en el espacio de color RGB a 8 bits por canal.

El preprocesamiento inicia en el momento que no es detectado movimiento en un tiempo de un segundo, pasado este tiempo se captura un fotograma $I(x, y)$ del flujo de vídeo el cual será la imagen que se procede a analizar, se hace la resta entre el fondo y la imagen $Dif(x, y) = I(x, y) - B_g(x, y)$, se transforma la imagen $Dif(x, y)$ a escala de grises y se aplica una umbralización para obtener el área donde puede existir un cambio, en esta umbralización se realizó con un umbral de 16, además se aplica un filtro de mediana para

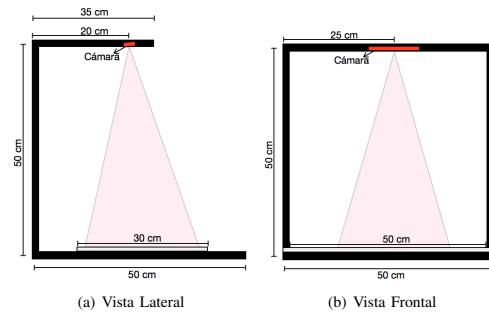


Figura 4. Montaje para el proceso de reconocimiento de símbolos pictográficos, en la figura 4(a) se muestra el montaje en su vista lateral y en la figura 4(b) se muestra la vista frontal

eliminar el posible ruido de la umbralización.

Luego de la umbralización se procede a buscar las coordenadas x y y mínimas y máximas para cada dirección en donde exista un píxel que halla superado la umbralización y se considera como área del símbolo pictográfico, la zona descrita entre el punto conformado por los valores x_{min} y y_{min} y el punto conformado por los valores de x_{max} y y_{max} como se muestra en la figura 5.

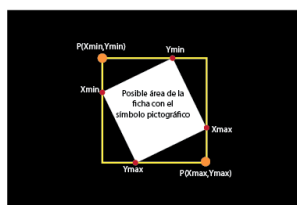


Figura 5. Área de interés, donde posiblemente se encuentra la ficha con el símbolo pictográfico

Finalmente para decidir si se continua con el proceso de extracción de características se toma el ancho y el alto del área de interés y se compara con el ancho y alto mínimo y máximo que puede tener una ficha en la imagen. Estos valores fueron tomados como 250 píxeles para el valor mínimo y 360 píxeles para el valor máximo con el apriori que la imagen analizada es de 1280x720 píxeles y que la cámara se encuentra a 50 cm de la ficha. Si el valor de ancho y alto están dentro del rango establecido, se segmentan $I(x,y)$ y $Dif(x,y)$ al área de interés y se continua con el proceso de extracción de características, en caso que los valores de ancho y alto de interés no se encuentren en el rango establecido se actualiza $B_g(x,y)$ para análisis futuros.

III-C. Extracción de Características

Las características utilizadas para el reconocimiento de los pictogramas fueron escogidas gracias a la comparación de descriptores de imágenes realizada por Boullosa [10] y el conocimiento apriori que se tiene del problema donde cada ficha tiene un fondo de un color específico. Estas características son el color dominante y los descriptores Speeded-Up Robust Features desarrollados por Herbert Bay [11].

III-C1. Color Dominante: El proceso que se utiliza para hallar el color dominante de la imagen, se realiza dividiendo el pictograma segmentado en bloques de 8x8 píxeles como lo propone los estándares de MPEG7 [12], luego para cada bloque se halla el color que más se repite dentro de dicho bloque, teniendo en cuenta únicamente los píxeles que corresponden al pictograma, estos píxeles se encuentran delimitados en $Dif(x,y)$.

Luego se realiza un proceso de agrupamiento de color por similitud, en este proceso se halla la distancia euclidiana que

existe de los color dominantes de cada bloque con el resto de bloques y se agrupan los colores cuya distancia sea menor a un umbral. Finalmente para decidir el color dominante del pictograma se toma el grupo que contenga el mayor número de elementos y el color dominante es el promedio de color de los elementos pertenecientes al grupo.

III-C2. SURF: SURF es un algoritmo rápido y robusto para la representación local y comparación de imágenes. El algoritmo selecciona puntos de interés de una imagen a partir de las características más destacadas en una escala lineal espacial, y después construye las características locales basadas en la distribución del gradiente de la imagen en dichos puntos [11]. El interés principal del enfoque SURF se encuentra en el cálculo rápido de los operadores diferenciales aproximados en la representación escala-espacio, basados en la representación de la imagen integral y los filtros tipo caja, permitiendo de tal manera aplicaciones en tiempo real como el seguimiento y el reconocimiento de objetos [13]. Las características SURF fueron escogidas en este método de clasificación por ser robustas a variaciones de transformaciones geométricas como traslación, escalamiento, rotación, estiramiento y variaciones a iluminación.

El algoritmo de SURF consta de 3 pasos principales:

1. Construir la representación espacio-escala, donde se debe:
 - Calcular la imagen integral de la imagen de entrada.
 - Construir el espacio-escala utilizando filtros caja.
2. Detección de puntos de interés, donde se debe:
 - Calcular la matriz hessiana de cada imagen del espacio-escala.
 - Calcular la determinante de la matriz hessiana en el espacio escala.
 - Seleccionar de los Puntos de Interés.
 - Almacenar los puntos de interés con su signo Laplaciano.
3. Construcción de los descriptores:
 - Estimar la orientación dominante de cada punto de interés.
 - Construir el descriptor correspondiente al punto de interés.

El descriptor obtenido para cada punto de interés, consta de las siguientes características:

- **El Signo del Determinante de la matriz Hessiana:** Se utiliza para distinguir manchas de brillo en un fondo oscuro o viceversa. Esta característica clasifica los puntos en brillantes y oscuros.
- **Orientación del gradiente:** Para cada punto detectado, el extractor de características define una región circular al rededor del punto y se calcula la orientación dominante del gradiente dentro de dicha región.
- **Sumatoria del Gradiente:** Se define una región cuadrada alrededor del punto seleccionado, del tamaño relativo a la escala en la que se detectó dicho punto. Dependiendo del tamaño del descriptor se subdivide la región en partes iguales, y se calculan 4 valores en cada subregión,

se dice que el pictograma analizado no hace parte de los símbolos pictográficos utilizados en este método. El valor de este puntaje fue determinado como 0.84, a partir de pruebas realizadas con el sistema.

IV. EXPERIMENTACIÓN

Para las pruebas se tomo como grupo de entrenamiento del sistema una imagen de cada uno de los 60 pictogramas, se les aplico el proceso de extracción de características SURF y se indexaron en el banco de datos en un archivo xml cuyos componentes son la ruta de la imagen representativa del pictograma, su color dominante, el grupo al que pertenece, el nombre del concepto que representa y la dirección de un archivo .surf el cual contiene los puntos extraídos de la imagen y su caracterización, las imágenes utilizadas en el banco de pictogramas son los que muestran en la figura 7.

Para establecer el umbral utilizado en el determinante de la matriz hessiana utilizado en la selección de puntos de interés, se tomó una muestra aleatoria de 40 pictogramas, dicha muestra se dividió de manera aleatoria en 4 grupos de igual tamaño, posterior a eso se tomó de manera aleatoria un pictograma de cada grupo y se procedió a su reconocimiento obteniendo la cantidad de emparejamientos obtenidos con diferentes umbrales. Las características de números de escalas, filtros entre escala y puntaje de emparejamiento se mantuvieron iguales en todo el proceso con valores respectivos de 4, 4 y 0.84, además se discriminó el componente de clasificación del color dominante. Los resultados obtenidos se observan en la figura 8.

Para establecer el umbral utilizado en el puntaje del emparejamiento se realizaron 2 pruebas la primera de ellas tomó 1 pictograma de manera aleatoria por cada categoría y se comparo únicamente con su categoría, utilizando el componente de clasificación de color dominante, se midió el número de pictogramas del banco de pictogramas que se emparejan superando únicamente el umbral. Los resultados se muestran en la figura 9. Además se observó el mayor valor del puntaje entre los pictogramas que superaban el umbral obteniendo el 100 % de los casos como emparejamiento correcto de la pictograma analizado con su pictograma correspondiente en el banco de datos. Las características de números de escalas, filtros entre escala y umbral del determinante se mantuvieron iguales en todo el proceso con valores respectivos de 4, 4 y 0.011.

La siguiente prueba realizada se tomo 20 pictogramas de manera aleatoria, se dividió la muestra en 2 grupos iguales, uno de los grupos estaba indexado en el banco de pictogramas mientras que el otro no. Se realizó la medición de falsos positivos con relación a cada grupo y se obtuvo los resultados que se observan en la figura 10.

Se midió el tiempo de extracción de características SURF con respecto al cambio de umbralización de la matriz

hessiana, para ello se tomaron 5 pictogramas de manera aleatoria y se calculo el tiempo necesario para la extracción de dichas características con diferentes umbrales. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 11.

Se midió el tiempo que duraba el método en reconocer un pictograma utilizando la característica de color dominante y el tiempo empleado sin dicha característica. Para ellos se tomaron 10 fichas de manera aleatoria. Los resultados obtenidos se observan en la figura 12.

Además se realizaron pruebas para medir la robustez del método ante la rotación utilizando 8 fichas de manera aleatoria y 7 grados de rotación diferentes empezando en 0 grados y aumentando la rotación en 45 grados. El resultado de dicha prueba fue el reconocimiento acertado de los 8 pictogramas en las 7 rotaciones con un error del 0%. Esta misma prueba fue realizada con la técnica de correlación de imágenes teniendo un error total del 91.07 %.

Finalmente se realizó una prueba del método utilizando 65 pictogramas, 60 de ellos correspondió al número total de pictogramas indexados en el banco de pictogramas y 5 sin indexar. Los resultados obtenidos fue el reconocimiento acertado de los 60 pictogramas en el caso de los que estaban indexados y la respuesta de pictograma no pertenece al sistema para los otros 5 pictogramas, siendo los puntajes de emparejamiento obtenidos para cada uno de 0.55, 0.68, 0.24, 0.15 y 0.60.

V. RESULTADOS

En el proceso de diseño de símbolos pictográficos se obtuvo como resultado 60 símbolos, 10 por cada categoría, las cuales son: animales, comidas, frutas, partes del cuerpo, objetos y prendas de vestir. Dichos símbolos se muestran en la figura 7.



Figura 7. Símbolos pictográficos utilizados para su Reconocimiento

La figura 8 muestra la cantidad de verdaderos positivos versus el umbral utilizado para la selección de puntos de interés por medio del determinante de la matriz hessiana,

se muestra el resultado obtenido a partir de 4 grupos de 10 pictogramas cada grupo.

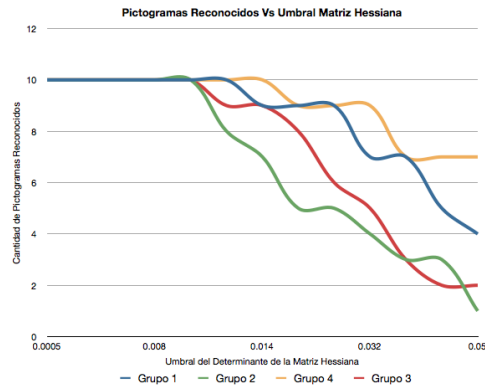


Figura 8. Resultados obtenidos de número de emparejamientos correctos del pictograma vs el umbral del determinante de la matriz Hessiana.

La figura 9 muestra el número de pictogramas con los cuales se empareja 1 pictograma dentro de su misma categoría al aumentar el umbral de puntuación. Se muestra el resultado de 6 pictogramas comparados con los pictogramas de la categoría que corresponden.

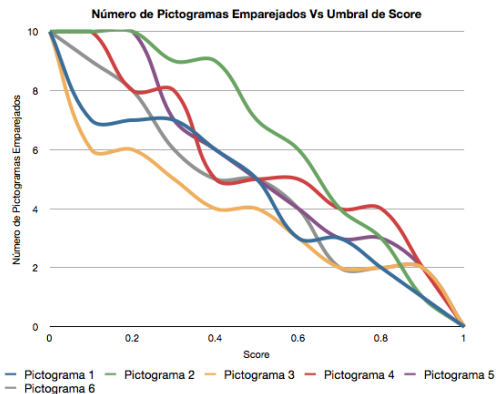


Figura 9. Resultados obtenidos de número de emparejamientos obtenidos entre un pictograma y los indexados en el banco de pictogramas vs el umbral utilizado en el puntaje

La figura 10 muestra la cantidad de falsos positivos al mover el umbral de puntuación en dos grupos de pictogramas, uno indexado en el banco de pictogramas y el otro no.

La figura 11 muestra el tiempo que se demora la extracción de características de 5 pictogramas con el movimiento del

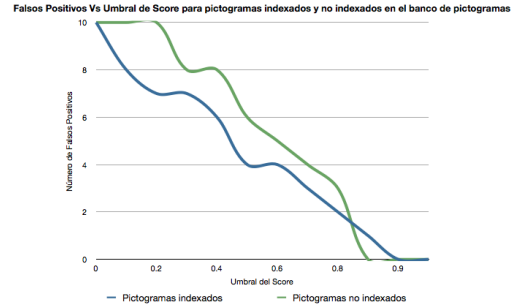


Figura 10. Resultados obtenidos de falsos positivos con respecto a pictogramas indexados y no indexados en el banco de pictogramas.

umbral utilizado para la selección de puntos de interés por medio del determinante de la matriz Hessiana.

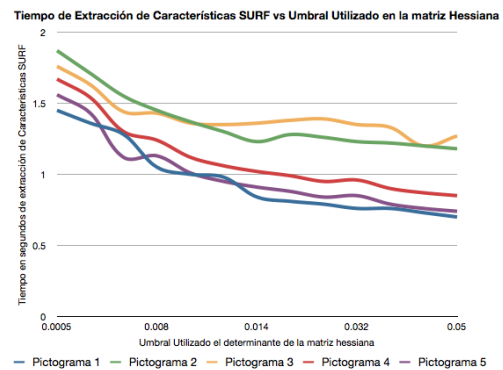


Figura 11. Resultados obtenidos de tiempo de extracción de características vs el umbral de la matriz Hessiana.

La figura 12 muestra el tiempo de respuesta del método de reconocimiento utilizando la característica de color dominante y utilizando únicamente los descriptores SURF.

VI. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos, el método de reconocimiento de pictogramas es eficiente y robusto para la clasificación de los mismos, sin embargo esta afirmación es únicamente válida para la clasificación de los símbolos que se encuentran en el banco de pictogramas excluyendo símbolos que no se encuentren dentro del mismo y clasificándolos como no pertenecientes al sistema pictográfico SPC, indexado. Sin embargo, existe la posibilidad de ampliar el banco de pictogramas, indexando los atributos necesarios para el mismo dentro del banco de características, estos símbolos a indexar deberán pertenecer a una de las 6 categorías contempladas en

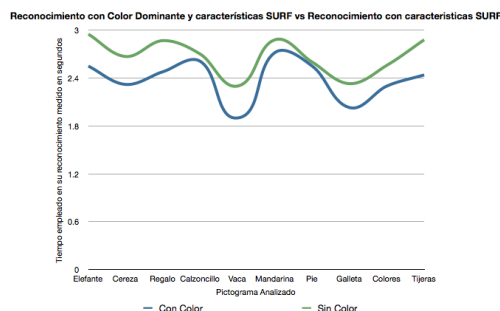


Figura 12. Resultados obtenidos de tiempo de respuesta del método con la característica de Color Dominante y sin dicha característica.

el sistema. Además si se quiere añadir una categoría nueva al sistema, debe ser modificada la clasificación por color propuesta en la figura 6.

El umbral de discriminación de puntos de interés del determinante de la matriz hessiana, está optimizado para el funcionamiento del método como se puede observar en la figura 8, teniendo en cuenta el valor del umbral propuesto por Bay [11] de 0.005 se puede concluir que con el ajuste propuesto de dicho umbral en el método presentado, se obtienen los mismos resultados en un menor tiempo como se puede observar en la figura 11.

Este valor optimizado, permite la clasificación con una la cantidad mínima de puntos requeridos mejorando el tiempo de extracción de características y de emparejamiento de puntos para hallar el puntaje de clasificación.

El valor del umbral de puntaje de 0.84 permite darle mayor eficacia al método observado en la figura 10, teniendo en cuenta que pesar que pueden existir emparejamientos de puntos con otras fichas que no estén en el sistem. teniendo en cuenta un mínimo de puntaje necesario descarta los pictogramas que no se encuentran en el banco de pictogramas. Además dicho puntaje permite descartar emparejamientos falsos con fichas pictograficas que se encuentren indexados en el banco de pictogramas como se muestra en la figura 9.

El uso de la clasificación por color dominante previo al emparejamiento de puntos de descriptores SURF permiten dar un mayor tiempo de respuesta al método, disminuyendo las comparaciones necesarias por medio del criterio del vecino más cercano. Esto se puede observar en la figura 12.

El sistema es eficaz para el reconocimiento de pictogramas indexados en el banco de pictogramas, siendo robusto a cambios de rotación en la fichas pictográficas y presentando la respuesta correcta en todos los casos, esta afirmación se justifica con la prueba realizada con el método propuesto y con la técnica de correlación de imágenes.

VII. CONCLUSIONES

El método propuesto de reconocimiento de símbolos pictograficos es eficiente y robusto a cambios de rotación de las fichas, sin embargo esto se da gracias al conjunto y diseño del problema a trabajar, con los 60 símbolos indexados en el sistema previamente.

Es importante el análisis de los atributos empleados en para la obtención de los descriptores SURF, ya que al ser optimizados para ser aplicados en un sistema de reconocimiento de patrones, puede mejorar el tiempo de respuesta del mismo y disminuir el costo computacional.

El diseño y elaboración de las fichas pictográficas es importante para el correcto funcionamiento del método de reconocimiento, ya que permiten la extracción de características discriminantes para su clasificación.

Las características de color dominante y descriptores SURF, son discriminantes en el momento de realizar la clasificación de los símbolos pictográficos. Utilizando el descriptor de color dominante previo al emparejamiento de descriptores SURF, se reduce el número de comparaciones a realizar y se optimiza el tiempo de respuesta del sistema.

REFERENCIAS

- [1] J. Mayer, *The picture Communication Symbols*, Minnesota, Ed. Stillwater, 1981.
- [2] M. Martínez Martín, P. J. Sanz Valero, and R. Marín Prades, "La comunicación alternativa y aumentativa: Estado del arte," Universitat Jaume I, Tech. Rep., 2005.
- [3] S. Colina, "Afasia y tratamiento de la afasia," Entrevista Personal, 2011.
- [4] E. Kaplan, H. Goodglass, S. Weintraub, and O. Segal, *Test de vocabulario de Boston*. Editorial Médica Panamericana, 1996.
- [5] J. García-Albea, S. Pabón, and M. Bernards, *Test de Boston para el diagnóstico de la afasia: Adaptación española*. Editorial Médica Panamericana, 1996.
- [6] N. Jiménez and J. Correa, "Introducción al reconocimiento de patrones," *UMNG, Seminario Reconocimiento de Patrones*, 2012.
- [7] Creative, "Especificaciones técnicas de la livecam! inperson hd," Online. [Online]. Available: <http://www.creative.com/mylivecam/products/product.aspx?catID=lpid=20630>
- [8] A. S. Incorporated, "Actionscript 3.0 reference for the adobe flash platform," Adobe, Tech. Rep., 2011.
- [9] S. Sastoke and M. Iregui, "Prototipo de interacción para personas con discapacidad," Universidad Militar Nueva Granada, Tech. Rep., 2012.
- [10] O. Boulosa García, "Estudio comparativo de descriptores visuales para la detección de escenas cuasi-duplicadas," Ph.D. dissertation, Universidad Autónoma de Madrid, 2011.
- [11] H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars, and L. V. Gool, "Speeded-up robust features (surf)," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 110, no. 3, pp. 346 – 359, 2008. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1077314207001555>
- [12] J. M. Martinez, "Mpeg-7 overview," Online, 2004. [Online]. Available: <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-7/mpeg-7.htm>
- [13] L. Juan and O. Gwun, "A comparison of sift, pca-sift and surf," 2009. [Online]. Available: <http://www.cscjournals.org/csc/manuscript/Journals/IJIP/volume3/Issue4/IJIP-51.pdf>
- [14] D. G. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints," *Int. J. Comput. Vision*, vol. 60, no. 2, pp. 91–110, Nov. 2004.

Apéndice I

Casos de Uso

RESUMEN: Se presentan los casos de uso diseñados para los módulos de Gestión de Pacientes, Rehabilitación y Comunicación del sistema.

I.1. Casos de uso modulo de Gestión de pacientes

ESPECIFICACIÓN CASO DE USO					
Información General					
Nombre	Crear Perfil de Usuario			ID	CU01
Resumen	El terapeuta crea un perfil de usuario en el cual especifica los datos principales del paciente, para tener información esencial del mismo.				
Propósito	Crear perfil del paciente.				
Autor	Sebastián Sastoque H.	Fecha	4 Marzo 2012	Versión	2.0
Actor Principal	Terapeuta				
Personal Involucrado e Intereses	Terapeuta: Registrar la información del paciente. Paciente: Poder utilizar el sistema.				
Precondiciones					
Postcondiciones	Caso Exitoso: Se crea el perfil de usuario.				
Escenario Principal de Éxito					
1. El terapeuta ingresa al sistema. 2. El terapeuta selecciona la opción de crear usuario. 3. El sistema muestra un formulario con los campos de primer nombre, segundo nombre, apellidos, fecha de nacimiento, tipo de afasia, documento de identidad, foto, nombres del terapeuta, apellidos del terapeuta, correo electrónico del terapeuta y observaciones. 4. El terapeuta llena el formulario. 5. El terapeuta selecciona la opción de guardar. 6. El sistema verifica el formulario. 7. El sistema pregunta si se desea utilizar el entrenamiento el módulo de comunicación. 8. El terapeuta selecciona la opción de aceptar. 9. El sistema almacena almacena los datos del paciente y la configuración del módulo de comunicación. 10.El sistema notifica el exito de la creación del usuario. 11.El sistema vuelve al menu principal.					
Extensiones					
6.a En el paso 6 del flujo principal el sistema detecta un campo vacío: 1. El sistema indica los campos vacios del formulario. 2. El terapeuta llena los campos vacios. 3. El usuario selecciona la opción de guardar. 4. Se vuelve al paso 6 del flujo principal. 6.b En el paso 6 del flujo principal el sistema detecta un error en el correo electrónico: 1. El sistema indica que el correo electrónico no es valido. 2. El terapeuta corrige el correo electrónico. 3. El terapeuta selecciona la opción de guardar. 4. Se vuelve al paso 6 del flujo principal.					
Requisitos Especiales					
Lista de Tecnología y Variaciones de Datos					
Se requiere el computador donde se va a estar ejecutando el sistema y una cámara web.					
Comentarios					
El único campo que no es obligatorio dentro del formulario es la foto del paciente.					

ESPECIFICACIÓN CASO DE USO					
Información General					
Nombre	Modificar Perfil de Usuario			ID	CU02
Resumen	El terapeuta modifica el perfil del paciente.				
Propósito	Modificar el perfil del paciente.				
Autor	Sebastián Sastoque H.	Fecha	4 Marzo 2012	Versión	2.0
Actor Principal	Terapeuta				
Personal Involucrado e Intereses	Terapeuta: Modificar la información del paciente. Familiares: Información se encuentre correcta.				
Precondiciones	Perfil de Usuario Creado				
Postcondiciones	Caso Exitoso: Perfil modificado.				
Escenario Principal de Éxito					
1. El terapeuta ingresa al sistema. 2. El terapeuta selecciona el usuario que desea modificar y elige la opción de modificar usuario. 3. El sistema muestra un formulario con los mismos campos llenos del caso de uso de crear paciente. 4. El terapeuta modifica los datos del formulario. 5. El terapeuta selecciona la opción de guardar. 6. El sistema verifica el formulario. 7. El sistema notifica el éxito de la modificación. 8. El sistema vuelve al menu principal.					
Extensiones					
4.a En el paso 4 del flujo principal el terapeuta no desea modificar ningún dato: 1. El terapeuta elige la opción de cancelar. 2. Se vuelve al paso 8 del flujo principal. 6.a En el paso 6 del flujo principal el sistema detecta un campo vacío: 1. El sistema indica los campos vacios del formulario. 2. El terapeuta llena los campos vacios. 3. El usuario selecciona la opción de guardar. 4. Se vuelve al paso 6 del flujo principal. 6.b En el paso 6 del flujo principal el sistema detecta un error en el correo electrónico: 1. El sistema indica que el correo electrónico no es valido. 2. El terapeuta corrige el correo electrónico. 3. El terapeuta selecciona la opción de guardar. 4. Se vuelve al paso 6 del flujo principal.					
Requisitos Especiales					
Lista de Tecnología y Variaciones de Datos					
Se requiere el computador donde se va a estar ejecutando el sistema y una cámara web.					
Comentarios					
El único dato que no es modificable es el documento de identidad del paciente.					

ESPECIFICACIÓN CASO DE USO					
Información General					
Nombre	Consultar Perfil de Usuario			ID	CU03
Resumen	El terapeuta consulta el perfil del paciente.				
Propósito	Modificar el perfil del paciente.				
Autor	Sebastián Sastoque H.	Fecha	4 Marzo 2012	Versión	2.0
Actor Principal	Terapeuta				
Personal Involucrado e Intereses	Terapeuta: Consultar la información del paciente.				
Precondiciones	Perfil de Usuario Creado				
Postcondiciones	Caso Exitoso: Perfil Consultado.				
Escenario Principal de Éxito					
1. El terapeuta ingresa al sistema. 2. El terapeuta selecciona el usuario que desea consultar y elige la opción de consultar usuario. 3. El sistema muestra la información del paciente. 4. El terapeuta consulta los datos que desea. 5. El terapeuta selecciona la opción de cerrar. 6. El sistema vuelve al menu principal.					
Extensiones					
Requisitos Especiales					
Lista de Tecnología y Variaciones de Datos					
Se requiere el computador donde se va a estar ejecutando el sistema y una cámara web.					
Comentarios					

ESPECIFICACIÓN CASO DE USO					
Información General					
Nombre	Consultar Perfil de Usuario			ID	CU04
Resumen	El terapeuta elimina el perfil del paciente.				
Propósito	Eliminar el perfil del paciente.				
Autor	Sebastián Sastoque H.	Fecha	4 Marzo 2012	Versión	2.0
Actor Principal	Terapeuta				
Personal Involucrado e Intereses	Terapeuta: Eliminar la información del paciente.				
Precondiciones	Perfil de Usuario Creado				
Postcondiciones	Caso Exitoso: Perfil Eliminado.				
Escenario Principal de Éxito					
1. El terapeuta ingresa al sistema. 2. El terapeuta selecciona el usuario que desea eliminar y elige la opción de eliminar. 3. El sistema muestra un mensaje de confirmación de la eliminación del paciente e indica que esta opción no se puede deshacer. 4. El terapeuta elige la opción de aceptar. 5. El sistema elimina la información del paciente. 6. El sistema carga nuevamente la lista de pacientes.					
Extensiones					
Requisitos Especiales					
4.a En el paso 4 del flujo principal el terapeuta elige la opción de cancelar: 1. El sistema vuelve a su menu inicial.					
Lista de Tecnología y Variaciones de Datos					
Se requiere el computador donde se va a estar ejecutando el sistema y una cámara web.					
Comentarios					

I.2. Casos de uso modulo de Rehabilitación

ESPECIFICACIÓN CASO DE USO					
Información General					
Nombre	Agendar ejercicios			ID	CU05
Resumen	El terapeuta selecciona los ejercicios que se le van a aplicar al paciente para su estudio y posterior evaluación.				
Propósito	Agendar ejercicios al paciente.				
Autor	Sebastián Sastoque H.	Fecha	4 Marzo 2012	Versión	2.0
Actor Principal	Terapeuta				
Personal Involucrado e Intereses	Terapeuta: Agendar ejercicios de rehabilitación. Paciente: Acceder a un ejercicio.				
Precondiciones	Perfil de Usuario Creado				
Postcondiciones	Caso Exitoso: Estudiar.				
Escenario Principal de Éxito					
1. El terapeuta ingresa al sistema. 2. El terapeuta selecciona el perfil del paciente que desea agendar ejercicios. 3. El terapeuta selecciona la opción de ingresar. 4. El terapeuta selecciona la opción de agendar ejercicios. 5. El sistema muestra los ejercicios disponibles. 6. El terapeuta selecciona los ejercicios que desea agendar. 7. El terapeuta selecciona la opción de agendar. 8. El sistema guarda los ejercicios agendados. 9. El sistema vuelve al menu de usuario.					
Extensiones					
6.a. El terapeuta desea filtrar los ejercicios para su selección: 1. El terapeuta elige filtrar los ejercicios por categoría, actividad y dificultad. 2. El sistema muestras según los criterios de búsqueda. 3. Se vuelve al paso 6 del flujo normal. 7.a. El terapeuta desea que el sistema muestre los ejercicios aleatoriamente: 1. El terapeuta elige la opción de mostrar en forma aleatoria. 2. El sistema almacena que los ejercicios se deben mostrar de manera aleatoria. 3. Se vuelve al paso 8 del flujo normal.					
Requisitos Especiales					
El terapeuta debera poder filtrar los ejercicios por categoría, por actividad y por nivel. El terapeuta podrá seleccionar la opción de mostrar los ejerecicios aleatoriamente al paciente, de lo contrario siempre se mostraran en orden de nivel y de categoría.					
Lista de Tecnología y Variaciones de Datos					
Se requiere el computador donde se va a estar ejecutando el sistema.					
Comentarios					
Las seis categorias con sus respectivas actividades son: ✓ Atención: Cancelación, Repetición y Búsqueda. ✓ Funciones Ejecutivas: Ordenar Acciones y Razonamiento sobre diferencias. ✓ Lenguaje: Nominación y Definición. ✓ Memoria: Reconocimiento visual y Memoria de Rostros. ✓ Percepción: Tamaño, Detalles y Colores. ✓ Escritura y Visoconstrucción: Letras del nombre, Escritura del nombre, Grafomotricidad y Conteo.					

ESPECIFICACIÓN CASO DE USO					
Información General					
Nombre	Estudiar			ID	CU06
Resumen	El paciente utiliza el sistema para realizar ejercicios.				
Propósito	Estudiar ejercicios de rehabilitación cognitiva.				
Autor	Sebastián Sastoque H.	Fecha	4 Marzo 2012	Versión	2.0
Actor Principal	Paciente				
Personal Involucrado e Intereses	Terapeuta: Qué el paciente realice ejercicios que ayuden en su proceso de rehabilitación. Paciente: Rehabilitación de procesos cerebrales.				
Precondiciones	Acceso al perfil del paciente y al modulo de estudiar por parte del terapeuta.				
Postcondiciones	Caso Exitoso: Evaluación.				
Escenario Principal de Éxito					
1. El sistema recupera los ejercicios agendados. 2. El sistema muestra el ejercicio. 3. El paciente elige la respuesta. 4. El sistema verifica la respuesta. <i>Se repiten los pasos 3 y 4 hasta que se realice el ejercicio correctamente o se acaben los intentos.</i> 5. El sistema guarda el tiempo de la respuesta y el número de intentos en llegar a la respuesta del ejercicio y la fecha en que se realiza el ejercicio. 6. El sistema actualiza los datos. 7. El sistema guarda el ejercicio para su posterior evaluación. <i>Se repiten los pasos del 2 al 7 hasta que se acaben los ejercicios agendados.</i> 8. El sistema indica que se terminaron los ejercicios agendados. 9. El sistema vuelve al menu de usuario.					
Extensiones					
1.a No existen ejercicios agendados para estudiar: 1. El sistema indica que no existen ejercicios para estudiar. 2. Se vuelve al paso 8 del flujo principal. 4.a El paciente se equivoca en la respuesta: 1. El sistema aumenta el contador de intentos. 2. Se vuelve al paso 3 del flujo principal. 4.a El paciente se equivoca 5 veces en la respuesta: 1. El sistema indica que se acabaron los intentos intentos. 2. Se vuelve al paso 5 del flujo principal.					
Requisitos Especiales					
Lista de Tecnología y Variaciones de Datos					
Se requiere el computador donde se va a estar ejecutando el sistema, además del montaje específico que se relaciona en el aparte del modelo de interacción.					
Comentarios					

ESPECIFICACIÓN CASO DE USO					
Información General					
Nombre	Evaluar			ID	CU07
Resumen	El paciente utiliza el sistema para evaluar su proceso de adquisición de la información.				
Propósito	Evaluar al paciente.				
Autor	Sebastián Sastoque H.	Fecha	4 Marzo 2012	Versión	2.0
Actor Principal	Paciente				
Personal Involucrado e Intereses	Terapeuta: Qué el paciente identifique los elementos que se desean de manera correcta. Paciente: Evaluación de procesos cerebrales.				
Precondiciones	Estudiar y que el terapeuta halla ingresado al perfil del paciente y seleccionado la opción de estudiar.				
Postcondiciones					
Escenario Principal de Éxito					
1. El sistema recupera los ejercicios disponibles para evaluar. 2. El sistema muestra el ejercicio. 3. El paciente elige la respuesta. 4. El sistema verifica la respuesta. 5. El sistema guarda el estado de la respuesta y el tiempo empleado. 6. El sistema actualiza los datos. <i>Se repiten los pasos del 2 al 6 hasta que se acaben los ejercicios agendados.</i> 7. El sistema indica que se terminaron los ejercicios agendados. 8. El sistema vuelve al menu de usuario.					
Extensiones					
1.a No existen ejercicios agendados para evaluar: 1. Se termina el caso de uso y se va al paso 8 del flujo principal. 4.a El paciente se equivoca por primera vez en la respuesta: 1. El sistema le permite un intento más. 2. Se vuelve al paso 3 del flujo principal. 4.b El paciente se equivoca por segunda vez en la respuesta: 1. El sistema indica que se acabaron los intentos. 2. Se realizan los pasos 5 y 6 del flujo principal. 3. Se vuelve al paso 2 del flujo principal.					
Requisitos Especiales					
Lista de Tecnología y Variaciones de Datos					
Se requiere el computador donde se va a estar ejecutando el sistema, además del montaje específico que se relaciona en el aparte del modelo de interacción.					
Comentarios					

I.3. Caso de uso modulo de Comunicación

ESPECIFICACIÓN CASO DE USO					
Información General					
Nombre	Pedir Comida Típica Colombiana			ID	CU08
Resumen	El paciente utiliza el sistema para pedir un menu alimenticio de comidas típicas colombianas.				
Propósito	Comunicar el deseo del paciente de ingerir alimentos.				
Autor	Sebastián Sastoque H.	Fecha	4 Marzo 2012	Versión	2.0
Actor Principal	Paciente				
Personal Involucrado e Intereses	Terapeuta: Que el paciente reconozca los alimentos. Paciente: Comunicar su interes por comer algún alimento.				
Precondiciones	El terapeuta debe haber ingresado al perfil del paciente y seleccionado la opción de comidas colombianas.				
Postcondiciones					
Escenario Principal de Éxito					
1. El sistema recupera el día de la semana y la hora actual. 2. El sistema organiza el banco de alimentos según la categoría y la frecuencia de uso para el día y la hora actual. 3. El sistema muestra el menu recomendado. 4. El paciente selecciona el alimento que desea en una categoría. 5. El sistema se reorganiza según el alimento elegido y muestra una recomendación. <i>Se repiten los pasos 4 y 5 hasta que el paciente ve el menu deseado</i> 6. El paciente selecciona la opción de finalizar. 7. El sistema actualiza los datos de frecuencia de uso del alimento según día y hora. 8. El sistema emite un mensaje con el menu que el paciente desea ingerir.					
Extensiones					
4.a El paciente se equivoca al elegir un alimento: 1. El paciente selecciona la opción de reiniciar categorías. 2. Se vuelve al paso 4 del flujo principal 6.a - 8.a El paciente desea elegir un nuevo menú: 1. El paciente selecciona la opción de limpiar. 2. Se vuelve al paso 2 del flujo principal.					
Requisitos Especiales					
Recomendación de alimentos según el día de la semana y la hora que esta en el sistema. Debe existir una recomendación relacionada con los alimentos elegidos. Si el paciente no desea un alimento debe poder indicar que no quiere nada.					
Lista de Tecnología y Variaciones de Datos					
Se requiere el computador donde se va a estar ejecutando el sistema, además del montaje específico que se relaciona en el aparte del modelo de interacción.					
Comentarios					
El banco de alimentos se divide según la hora en: desayuno (5 a.m - 9 a.m) medias nuevas (9 a.m - 11 a.m) almuerzo (11 a.m - 3 p.m) onces (3 p.m - 6 p.m) y cena (6 p.m - 10 p.m). Existen las categorías de Bebidas (Desayuno, medias nuevas, almuerzo, onces y cena) Plato fuerte (Desayuno, almuerzo y cena) Acompañantes(Desayuno, medias nuevas, almuerzo, onces y cena) Entrada y Postre (Almuerzo).					

Apéndice J

Actividades de la batería de ejercicios

RESUMEN: Se presenta una explicación de las actividades de la batería de ejercicios para el modulo de rehabilitación. La batería de ejercicios cuenta con seis (6) categorías, dieciséis (16) actividades y un número de 193 ejercicios que estan divididos por niveles de dificultado según al teoría de la terapia de estimulación cognitiva expuesta en el apéndice A.3.2.

J.1. Categoría de Atención

La categoría de atención son actividades enfocadas a mejorar y mantener la capacidad de concentración y atención de la persona. Cuenta con tres actividades que son:

J.1.1. Actividad de Cancelación

Las actividades de Cancelación que se muestran en la figura J.1, consiste en seleccionar el estímulo que se propone. El elemento a buscarse repite en múltiples ocasiones y está entremezclado con otra información que debe ser ignorada. Subprocesos implicados: atención selectiva, atención sostenida y atención dividida.

J.1.2. Actividad de Repetición

En las actividades de Repetición que se muestran en la figura J.2, se debe encontrar la imagen que se repita. Se muestran varios estímulos, como letras, números o imágenes y la persona debe detectar aquellos que estén dos veces. Subprocesos implicados: atención selectiva, atención sostenida y control atencional (supervisión).

Figura J.1: Ejemplo de ejercicio de la actividad de Cancelación.

Ejercicio # 1

Categoría: Atención **Subcategoría:** Cancelación

Señala todas las imágenes que son iguales a la imagen del **COJÍN**



Figura J.2: Ejemplo de ejercicio de la actividad de Repetición.

Ejercicio # 2

Categoría: Atención **Subcategoría:** Repetición

Señala todos los objetos **REPETIDOS**



J.1.3. Actividad de Búsqueda

En las actividades de Búsqueda que se muestran en la figura J.3, en una fotografía de una escena compleja, la persona ha de encontrar determinados objetos y detalles. Subprocesos implicados: atención selectiva, atención sostenida, comprensión lectora, gnosia visual de discriminación figura–fondo y gnosia visual de cierre perceptivo.

Figura J.3: Ejemplo de ejercicio de la actividad de Búsqueda.

Ejercicio # 3

Categoría: Atención **Subcategoría:** Búsqueda

Señala en la imagen la **CARTUCHERA**



Audio de la Instrucción





J.2. Categoría de Funciones Ejecutivas

La categoría de Funciones Ejecutivas estimula los procesos de razonamiento, control atencional y toma de decisiones del paciente. Cuenta con dos actividades que son:

J.2.1. Actividad de Ordenamiento de Acciones

En las actividades de Ordenamiento de Acciones que se muestran en la figura J.4, se muestra una lista de pasos que son pertinentes para desempeñar cierta actividad y alcanzar una meta en particular, pero están desordenados. Se pide a la persona que los coloque en una sucesión temporal lógica. Subprocesos implicados:

función ejecutiva secuenciación, función ejecutiva planificación, memoria operativa, comprensión lingüística.

Figura J.4: Ejemplo de ejercicio de la actividad de Ordenamiento de Acciones.

Ejercicio # 1


Categoría: Funciones Ejecutivas **Subcategoría:** Ordenar Acciones

Señala en orden las acciones para **COMPRAR UN GLOBO**









J.2.2. Actividad de Razonamiento de Diferencias

En cada ejercicio de las actividades de Razonamiento de Diferencias, que se muestran en la figura J.5, se muestra un grupo de palabras relacionadas entre sí por su significado, a excepción de una palabra que se aparta del resto. La persona debe tachar el término que es diferente y que no guarda relación con los demás. Subprocesos implicados: función ejecutiva de clasificación semántica, memoria operativa, razonamiento lingüístico, comprensión lingüística.

J.3. Categoría de Lenguaje

La categoría de Lenguaje realiza el entrenamiento de las habilidades comunicativas de las personas. Cuenta con dos actividades que son:

Figura J.5: Ejemplo de ejercicio de la actividad de Razonamiento de Diferencias.

Ejercicio # 4

Categoría: Funciones Ejecutivas **Subcategoría:** Razonamiento Diferencias

Señala el objeto que **NO** corresponda al grupo de **ANIMALES**



J.3.1. Actividad de Nominación

En las actividades de Nominación que se muestran en la figura J.6, se muestra un concepto con su respectivo nombre, representación gráfica y audio de su pronunciación y la persona debe buscar dicho concepto en un grupo de fichas y mostrársela al sistema.

J.3.2. Actividad de Definición

En las actividades de Definición que se muestran en la figura J.7, a partir de una definición, hay que elegir entre las alternativas disponibles aquella palabra que mejor se ajuste al significado. Subprocesos implicados: evocación y comprensión léxica, memoria semántica. Subprocesos implicados: evocación léxica y comprensión léxica, memoria semántica, amplitud de memoria verbal inmediata.

J.4. Categoría de Memoria

La categoría de Memoria busca mantener las estrategias y técnicas efectivas que estimulan el mantenimiento, aprendizaje y recuperación de la información. Cuenta

Figura J.6: Ejemplo de ejercicio de la actividad de Nominación.

Ejercicio # 5

Categoría: Lenguaje **Subcategoría:** Asociación

Pon en el recuadro la ficha que corresponde al
PERRO



Audio de la Instrucción



Figura J.7: Ejemplo de ejercicio de la actividad de Definición.

Ejercicio # 6

Categoría: Lenguaje **Subcategoría:** Definición

Señala el objeto que corresponde a la siguiente definición:
OBJETO QUE SIRVE PARA ECHAR LA SAL



Audio de la Instrucción





con dos actividades que son:

J.4.1. Actividad de Reconocimiento Visual

En las actividades de Reconocimiento Visual que se muestran en la figura J.8, se presentan dibujos de objetos geométricos con diferentes colores y formas. La persona debe atender a los dibujos para, posteriormente, reconocerlos entre todas las imágenes que se presentan. Subprocesos implicados: memoria visual inmediata, memoria visual demorada, gnosia visual de forma, color y tamaño.

Figura J.8: Ejemplo de ejercicio de la actividad de Reconocimiento Visual.



J.4.2. Actividad de Memoria de Rostros

Las actividades de Memoria de Rostros que se muestran en la figura J.9, exigen la memorización de fotografías de caras. El paciente debe reconocer y señalar la persona presentada en un grupo de personas. Subprocesos implicados: memoria visual inmediata y demorada, procesamiento de rostros, expresión y descripción oral.

Figura J.9: Ejemplo de ejercicio de la actividad de Memoria de Rostros.

Ejercicio # 8

Categoría: Memoria **Subcategoría:** Memoria de Rostros

Señala a **CAMILA**
en la foto


Audio de la Instrucción



 Salir

J.5. Categoría de Percepción

La categoría de Percepción bus estimular la capacidad de la persona para identificar los objetos del entorno. Cuenta con tres actividades que son:

J.5.1. Actividad de Tamaño

En las actividades de Tamaño que se muestran en la figura J.10, se presenta una imagen de referencia y la persona debe señalar en un grupo de imagenes la imagen que se indica en la instrucción según el tamaño. Subprocesos implicados: gnosia perceptiva de tamaño, atención selectiva.

J.5.2. Actividad de Detalles

En las actividades de Detalles que se muestran en la figura J.11, se debe encontrar la imagen que posea los detalles diferentes a la imagen presentada. Subprocesos implicados: gnosia perceptiva, análisis de rasgos, discriminación figura—fondo, atención selectiva.

Figura J.10: Ejemplo de ejercicio de la actividad de Tamaño.

Ejercicio # 9

Categoría: Percepción **Subcategoría:** Tamaño

Señala la **REVISTA de MENOR tamaño**


Audio de la Instrucción





Salir

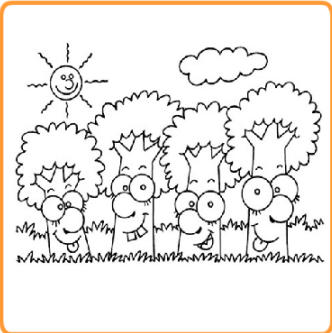
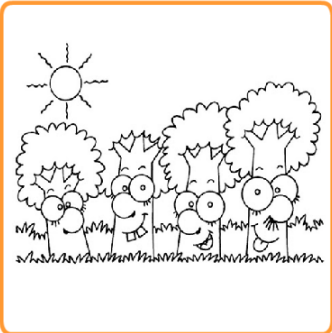
Figura J.11: Ejemplo de ejercicio de la actividad de Detalles.


Ejercicio # 10

Categoría: Percepción **Subcategoría:** Detalles

Señala las CINCO (5) diferencias en la imagen de la **DERECHA**


Audio de la Instrucción




Salir

J.5.3. Actividad de Colores

En las actividades de Colores que se muestran en la figura J.12, la persona debe comparar el color de un pincel con las manchas de color presentadas. El paciente debe elegir aquella mancha con igual color al presentado. Subprocesos implicados: gnosia perceptiva de color, atención selectiva.

Figura J.12: Ejemplo de ejercicio de la actividad de Colores.



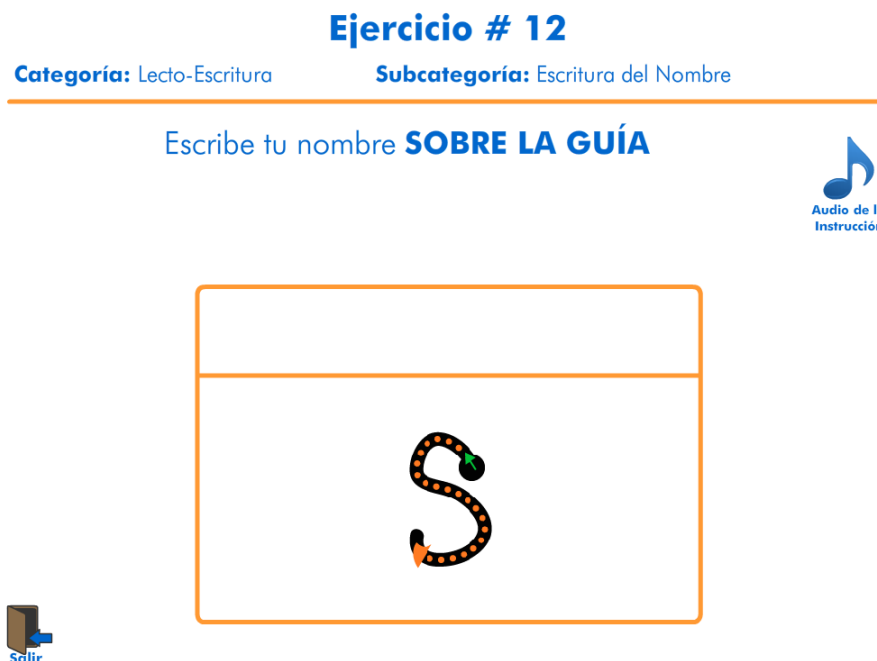
J.6. Categoría de Escritura y Visoconstrucción

La categoría de Escritura y Visoconstrucción busca estimular la grafomotricidad, el cálculo simple y el control de la escritura. Cuenta con cuatro actividades que son:

J.6.1. Actividad de Escritura del Nombre

En las actividades de Escritura del Nombre que se muestran en la figura J.13, se debe escribir el nombre siguiendo la guía presentada. Subprocesos implicados: grafomotricidad, praxis visoconstructiva, coordinación oculomotora.

Figura J.13: Ejemplo de ejercicio de la actividad de Escritura del Nombre.



J.6.2. Actividad de Letras del Nombre

Para las actividades de Letras del Nombre que se muestran en la figura J.14, se debe escribir el nombre utilizando las letras presentadas. Subprocesos implicados: grafomotricidad, praxis visoconstructiva, coordinación oculomotora.

J.6.3. Actividad de Grafomotricidad

En las actividades de Actividad de Grafomotricidad que se muestran en la figura J.15, la persona debe comenzar su trazo partiendo de un punto y tomando la dirección señalizados por una flecha. Desde ese lugar ha de dibujar una línea por el interior de un recorrido gris tan al centro como le sea posible hasta que el recorrido se termine. Subprocesos implicados: grafomotricidad, praxis visoconstructiva, coordinación oculomotora.

J.6.4. Actividad de Conteo

En las actividades de Conteo que se muestran en la figura J.16, el paciente debe contabilizar el número de objetos que aparecen en un recuadro y escribir el total.

Figura J.14: Ejemplo de ejercicio de la actividad de Letras del Nombre.

Ejercicio # 13**Categoría:** Lecto-Escritura**Subcategoría:** Letras del NombreEscribe tu nombre utilizando las **LETRAS ADECUADAS**

Figura J.15: Ejemplo de ejercicio de la actividad de Grafomotricidad.

Ejercicio # 14**Categoría:** Lecto-Escritura**Subcategoría:** GrafomotricidadRealiza los trazos de la imagen SIN LEVANTAR el lápiz **DE LA GUÍA**

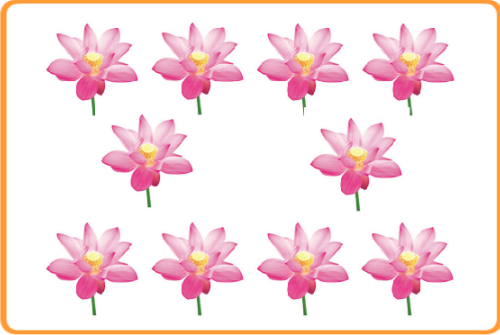
Subprocesos implicados: cálculo conteo, atención selectiva, orientación espacial de la atención, series automáticas de números.


Figura J.16: Ejemplo de ejercicio de la actividad de Conteo.


Ejercicio # 15

Categoría: Lecto-Escritura **Subcategoría:** Conteo

Cuenta la cantidad de **FLORES**




Salir


Audio de la Instrucción

Apéndice K

Protocolo de pruebas

RESUMEN: Se presenta el protocolo de pruebas, los formatos de consentimientos informados, el test de pacientes y test de terapeutas.

K.1. Protocolo de pruebas

Prototipo Sistema de Rehabilitación y Comunicación Alternativa y Aumentativa para personas con Trastornos Neurolingüísticos caracterizados por Afasia

Plan de Pruebas – FINAL

El contenido de este documento tiene como propósito establecer las técnicas, herramientas y actividades, para realizar las pruebas de usabilidad y operación del Prototipo del Sistema de Interacción Multimodal para Comunicación y Rehabilitación de la Afasia (SIMCRA).

Antes de realizar estas pruebas, se efectuó la verificación final del Sistema con la fonoaudióloga Soraya Colina, egresada de la Corporación Universitaria Iberoamericana y actualmente terapeuta del Hospital Militar, quien aprobó los módulos del mismo, su contenido, las técnicas de interacción y el uso del SIMCRA, para poder aplicar los test necesarios al paciente afásico y a un profesional experto en el tema.

Objetivos generales del estudio

Se van a recopilar datos de referencia sobre la usabilidad y operatividad del SIMCRA. Los objetivos de este estudio son:

- Evaluar la usabilidad del SIMCRA para los pacientes con afasia, teniendo en cuenta los criterios de facilidad de uso, facilidad de aprendizaje, niveles de errores y satisfacción.
- Evaluar desde el punto de vista de un terapeuta con experiencia en afasia, la aplicación del SIMCRA en procesos terapéuticos y de comunicación alternativa y aumentativa.
- Evaluar los contenidos, tipos de ejercicios y el sistema de recomendación utilizado en el módulo de Comunicación Aumentativa y Alternativa del SIMCRA
- Crear un protocolo de estudio de usabilidad del SIMCRA repetible.

Preguntas a resolver desde el punto de vista del paciente

En este estudio se tratará de responder a estas preguntas:

Preguntas relacionadas con la facilidad de uso:

- ¿El paciente logró utilizar el sistema en un tiempo adecuado de acuerdo a sus capacidades?
- ¿Los métodos de interacción fueron de ayuda para el paciente?

- ¿El modelo de interfaz propuesto es claro?

Preguntas relacionadas con la facilidad de aprendizaje:

- ¿El tiempo empleado para aprender a utilizar el sistema es adecuado?
- ¿El nivel de retentiva del paciente sobre el uso del sistema es fácil?

Preguntas relacionadas con los errores:

- ¿La cantidad de errores cometidos estan en proporción adecuada?
- ¿Durante la ejecución de la prueba ocurrieron errores ajenos al usuario provenientes de la aplicación?

Preguntas relacionadas con la satisfacción:

- ¿El paciente se sintió a gusto con el sistema y considera que es una herramienta útil para su rehabilitación?

También tendremos los datos cualitativos:

- El protocolo verbal, es decir los comentarios que los participantes hagan durante la ejecución de las pruebas, esto nos indicará qué logra confundir a los participantes y por qué.
- Las entrevistas al final de cada sesión revelarán lo destacado de la experiencia de uso del SIMCRA, lo que contribuirá a establecer la satisfacción y los posibles cambios necesarios para un desarrollo futuro.

Preguntas por resolver desde el punto de vista del terapeuta

En este estudio se tratará de responder a estas preguntas:

Preguntas relacionadas con la facilidad de uso:

- ¿Los iconos utilizados son coherentes con su significado?
- ¿El registro de pacientes es fácil?
- ¿La asignación de ejercicios se realiza de manera fácil y entendible?
- ¿La distribución de las pantallas permite un acceso rápido a las funcionalidades del sistema?
- ¿Los colores utilizados son adecuados?
- ¿La navegación por las opciones del programa es fácil?

- ¿La preparación del hardware del sistema para su aplicación es fácil?

Preguntas relacionadas con la utilidad:

- ¿El sistema puede ser utilizado en los procesos de rehabilitación de un paciente con afasia?
- ¿El sistema suministra estrategias para mejorar el lenguaje?
- ¿El sistema se convierte en facilitador de los procesos terapéuticos?
- ¿El sistema puede ser utilizado para evaluación?
- ¿El sistema ayuda al reestablecimiento de habilidades comunicativas?
- ¿El módulo de recomendación de alimentos contribuye a la comunicación aumentativa y alternativa de pacientes con afasia?
- ¿El sistema de recomendación agiliza los procesos comunicativos del paciente?

Preguntas relacionadas con el contenido:

- ¿Las imágenes utilizadas representan fácilmente el concepto que se quiere transmitir?
- ¿Las instrucciones de los ejercicios son claras y fáciles de comprender?
- ¿Los tipos de ejercicios son válidos para una terapia de rehabilitación de un paciente con afasia?
- ¿Se efectúa retroalimentación correcta frente a cada respuesta?
- ¿La variedad de los tipos de ejercicios contribuye al proceso terapéutico?
- ¿Los textos utilizados son claros?
- ¿Los audios utilizados son claros?
- ¿Los niveles utilizados permiten un manejo de instrucciones de lo simple a lo complejo?

También tendremos los datos cualitativos:

- El protocolo verbal, es decir los comentarios que los participantes hagan durante la ejecución de las pruebas, esto nos indicará qué logra confundir a los participantes y por qué.
- Las entrevistas al final de cada sesión revelarán lo destacado de la experiencia de uso del SIMCRA, lo que contribuirá a establecer la satisfacción y los posibles cambios necesarios para un desarrollo futuro.

Localización y configuración

Se utilizará un entorno controlado para llevar a cabo las sesiones. Para las pruebas aplicadas al paciente, el estudio se llevará a cabo en el consultorio de la terapeuta Soraya Colina, ubicado en la ciudad de Bogotá. Habrá un escritorio donde estará el Hardware del SIMCRA, además de una cámara en la cual se grabará toda la sesión para su posterior análisis.

Para las pruebas aplicadas al terapeuta, el estudio se realizará en las instalaciones de la Universidad Militar Nueva Granada. Se dispondrá un proyector para la explicación previa del sistema, además se dispondrá en una mesa el Hardware del SIMCRA para que el experto pueda realizar las pruebas necesarias.

Reclutamiento de los participantes

Pacientes con Afasia

Se seleccionaran pacientes que posean algunas de las siguientes afasias según la clasificación de Luria (1976): afasia motora aferente, afasia motora eferente, afasia acústico amnésica, afasia semántica o afasia amnésica.

Característica	Número de participantes deseados
Tipo de participante	
Piloto	1
Regular	2
Número total de participantes	3
Tipo de afasia	
Afasia motora aferente o eferente	1
Afasia acústico amnésica, amnésica o semántica	1
Tiempo de tratamiento	
Menor a 2 años	1
Mayor a 2 años	1
Experiencia con tecnología	
Posee experiencia	1
No posee experiencia	1
Edad	
30–60	2

Terapeuta

Se seleccionaran profesionales de Fonoaudiología y Terapia del lenguaje que posean experiencia en el tratamiento de pacientes con afasia.

Característica	Número de participantes deseados
Tipo de participante	
Piloto	1
Regular	2
Número total de participantes	3

Característica	Número de participantes deseados
Tipo de afasias tratadas	
Afasia motora aferente o eferente	1
Afasia acústico amnésica, amnésica o semántica	1
Tiempo de experiencia en tratamiento de Afasia	
Menor a 5 años	1
Mayor a 5 años	1
Experiencia con tecnología de rehabilitación	
Posee experiencia	1
No posee experiencia	1
Edad	
25–50	2

Metodología

Este estudio de usabilidad será exploratorio, reunirá los datos de evaluación sobre la experiencia de usuario del SIMCRA.

Los participantes en la categoría de pacientes, realizarán las pruebas de manera individual con la asistencia de la fonoaudióloga tratante. Los participantes en la categoría de fonoaudiólogos realizarán las pruebas de manera conjunta en una sesión de trabajo.

En ambos casos se recopilarán datos sobre las tasas de error y éxito, así como datos cualitativos acerca de las experiencias de los participantes utilizando el SIMCRA.

Esquema de la sesión de pacientes.

Las sesiones de prueba serán de 60 minutos de duración. Utilizando 15 minutos de cada sesión de pre-test presentaciones y entrevistas posteriores.

Preparación Pre-test (10 minutos)

El participante deberá:

- Revisar y firmar los consentimientos informados y las autorizaciones para grabar la sesión.
- Llenar el cuestionario de antecedentes.

Introducción a la prueba (5 minutos)

Discutir:

- El objetivo de la prueba.

- Importancia de la prueba.
- Rol del moderador.
- Protocolo de la sesión.

Entrevista de antecedentes (5 minutos)

Discutir con el participante:

- Experiencia con tecnología.
- Procesos terapéuticos del paciente.

Prueba (35 minutos)

Los participantes realizarán las tareas indicadas para la realización de las pruebas.

Preguntas post-test (5 minutos)

- Percepción general del SIMCRA.

Esquema de la sesión de fonoaudiólogos

Las sesiones de prueba serán de 120 minutos de duración. Utilizando 20 minutos de cada sesión de pre-test presentaciones y entrevistas posteriores.

Preparación Post-test (15 minutos)

El participante deberá:

- Revisar y firmar los consentimientos informados y las autorizaciones para grabar la sesión.
- Llenar el cuestionario de antecedentes.

Introducción a la prueba (10 minutos)

Discutir:

- El objetivo de la prueba.
- Importancia de la prueba.
- Rol del moderador.
- Protocolo de la sesión.

Entrevista de antecedentes (10 minutos)

Discutir con el participante:

- Experiencia con pacientes afásicos.
- Utilización de sistemas asistivos para las terapias de afasia.

Explicación del sistema (25 minutos)

Exponer los participantes:

- Introducción al sistema.
- Módulos del sistema.
- Ejercicios de rehabilitación del sistema.
- Modelo de recomendación del sistema.
- Video del sistema.
- Ejemplos de uso del sistema.

Prueba (35 minutos)

Los expertos en afasia realizarán las tareas indicadas para la realización de las pruebas.

Preguntas Post-test (15 minutos)

- Percepción general del sistema SIMCRA.

Agendamiento de las sesiones

Las siguiente tabla presenta las sesiones de trabajo para cada prueba.

Time	Viernes, Octubre 5 2012	Lunes, Octubre 8 2012
9:00 – 10:00	Organización de las pruebas	-
10:00 – 11:00	Sesión Pacientes 1	-
11:00 – 12:00	Sesión Pacientes 2	-
1:00 – 2:00	-	-
2:00 – 3:00	-	-
3:00 – 4:00	-	Organización de las pruebas
4:00 – 6:00	-	Sesión expertos en afasia

Tareas para el paciente

Estas son las tareas que debe realizar el paciente:

1. Realice un ejercicio de Cancelación
 2. Realice un ejercicio de Repetición
 3. Realice un ejercicio de Búsqueda
 4. Realice un ejercicio de Ordenamiento
 5. Realice un ejercicio de Razonamiento de Diferencias
 6. Busque su alimento preferido en el módulo de comunicación
 7. Realice un ejercicio de Nominación
 8. Realice un ejercicio de Escritura del nombre
 9. Realice un ejercicio de Detalles
 10. Busque su alimento preferido en el módulo de comunicación
 11. Realice un ejercicio de Letras del nombre
 12. Realice un ejercicio de Grafomotricidad
 13. Realice un ejercicio de Conteo
 14. Realice un ejercicio de Reconocimiento de rostros
 15. Busque su alimento preferido en el módulo de comunicación
-

Tareas para el terapeuta

Estas son las tareas que debe realizar el terapeuta:

1. Cree el registro de un paciente
 2. Modifique el perfil de un paciente
 3. Consulte el perfil de un paciente
 4. Ingrese al SIMCRA
 5. Agende ejercicios de rehabilitación
 6. Busque los ejercicios agendados
 7. Busque los ejercicios de escritura del nombre
 8. Realice los ejercicios agendados
 9. Realice la evaluación de los ejercicios estudiados
 10. Pida un menú de la recomendación de comidas colombianas
 11. Elimine el perfil creado
 12. Salga del SIMCRA
-

K.2. Consentimientos Informados



SIMCRA

Sistema de Interacción Multimodal de Comunicación y Rehabilitación de la Afasia

Consentimiento Informado Participación de Test

Estudio: Test de usabilidad del sistema SIMCRA

Investigadores Principales:

Estudiante Sebastián Sastoque H.
Fonoaudióloga Soraya Colina Matiz.
Ing. Marcela Iregui Guerrero, Ph.D.

Por este medio _____ identificado(a) con cédula de ciudadanía número _____ expedida en _____, de ahora en adelante el participante, acepta colaborar de manera voluntaria en el test de usabilidad del sistema SIMCRA, el cual es un prototipo de un Sistema Multimodal para Rehabilitación y Comunicación Aumentativa y Alternativa para pacientes con trastornos neurolingüísticos caracterizados por afasia. Se estima que las pruebas duran aproximadamente 60 minutos y el objetivo de la aplicación de las mismas es medir las usabilidad del Sistema SIMCRA.

El participante accede a cooperar voluntariamente en esta prueba y conoce su derecho a terminar la misma en el momento que lo desee. Además el participante acepta contestar un cuestionario con preguntas acerca del sistema SIMCRA. El participante entiende que todos los datos recolectados durante las pruebas son confidenciales y que su nombre no será publicado en ningún momento a no ser que firme una autorización.

El participante comprende que las pruebas realizadas en ningún momento van a medir sus capacidades intelectuales y habilidades de comunicación.

El participante consiente a la publicación de los resultados del estudio siempre y cuando la información suministrada sea anónima o disfrazada de tal forma que el participante no pueda ser identificado.

El participante entiende que no obtendrá beneficio directo al participar en este estudio y que no existe peligro alguno que pueda afectar su salud o su integridad al participar del mismo. Este estudio no contempla suministrar drogas o cualquier otro tratamiento médico.

El participante comprende que la Universidad Militar Nueva Granada no tiene responsabilidad alguna en la realización de estas pruebas. Para obtener información de los resultados de esta prueba el participante puede comunicarse con Sebastian Sastoque al celular 300 789 1613 o el correo electrónico sebsasto@gmail.com

Al firmar este consentimiento el participante indica que todas las preguntas que ha tenido relacionadas con el estudio fueron resueltas satisfactoriamente.

Firma del Participante

Firma del familiar o testigo

Nombre del Participante

Nombre del familiar o testigo

Cédula del Participante

Cédula del familiar o testigo

Fecha

Fecha



SIMCRA

Sistema de Interacción Multimodal de Comunicación y Rehabilitación de la Afasia

Consentimiento para grabar la prueba y tomar fotografías

Estudio: Test de usabilidad del sistema SIMCRA

Investigadores Principales:

Estudiante Sebastián Sastoque H.
Fonoaudióloga Soraya Colina Matiz.
Ing. Marcela Iregui Guerrero, Ph.D.

Por medio de la presente _____ identificado(a) con cédula de ciudadanía número _____ expedida en _____, de ahora en adelante el participante, autoriza la grabación en video y toma de fotos de la sesión de pruebas del estudio de usabilidad del sistema SIMCRA. Se le ha informado al participante que esta grabación se hace con el propósito de poseer evidencia de la realización de las pruebas y utilizados para fines académicos. Los vídeos y fotos tomada serán almacenados y en ningún caso serán divulgados sin la autorización escrita del participante.

Al firmar este consentimiento el participante indica que autoriza la grabación en video y toma de fotografías de la sesión de pruebas y que esta consiente que dicho material será utilizado para fines académicos.

Firma del Participante

Firma del familiar o testigo

Nombre del Participante

Nombre del familiar o testigo

Cédula del Participante

Cédula del familiar o testigo

Fecha

Fecha



SIMCRA

Sistema de Interacción Multimodal de Comunicación y Rehabilitación de la Afasia

Autorización para el uso de vídeos y fotografías

Estudio: Test de usabilidad del sistema SIMCRA

Investigadores Principales:

Estudiante Sebastián Sastoque H.
Fonoaudióloga Soraya Colina Matiz.
Ing. Marcela Iregui Guerrero, Ph.D.

Por medio de la presente _____ identificado(a) con cédula de ciudadanía número _____ expedida en _____, de ahora en adelante el participante, autoriza la utilización de los vídeos y fotografías tomadas durante el test de usabilidad del sistema SIMCRA, en un vídeo académico que explique el funcionamiento de SIMCRA. Dicho video será mostrado en la sustentación del trabajo de grado del estudiante Sebastián Sastoque H. y en ponencias en eventos académicos; en ningún momento será divulgado en medios masivos como televisión e internet.

Además las fotografías tomadas serán utilizadas en el documento del trabajo de grado de grado del estudiante y en los artículos sometidos para eventos académicos.

En ninguno de los casos se revelará la identidad del participante.

Al firmar esta autorización el participante indica que las fotografías y vídeos tomados durante la sesión de pruebas de usabilidad del sistema SIMCRA puedan ser utilizados en el documento y sustentación del trabajo de grado del estudiante Sebastián Sastoque H., así como en la publicación de artículos y ponencias en eventos académicos.

Firma del Participante

Firma del familiar o testigo

Nombre del Participante

Nombre del familiar o testigo

Cédula del Participante

Cédula del familiar o testigo

Fecha

Fecha

K.3. Test de Pacientes



SIMCRA

Sistema de Interacción Multimodal de Comunicación y Rehabilitación de la Afasia

Antecedentes

Fecha: _____

Nombres: _____ Apellidos: _____

Edad: _____ Género: _____ Nivel de estudios: _____

Tipo de afasia que presenta: _____ Tiempo de tratamiento: _____

Describa su experiencia del uso de tecnología:

Que expectativas posee de un sistema computacional utilizado en sus terapias:

Desarrollo de tareas

(Esta sección debe ser llenada por el observador)

Tarea	Cumplimiento de la tarea	Tiempo empleado	Errores	Observaciones
Realice un ejercicio de Cancelación				
Realice un ejercicio de Repetición				
Realice un ejercicio de Búsqueda				
Realice un ejercicio de Ordenamiento				
Realice un ejercicio de Razonamiento de Diferencias				
Busque su alimento preferido en el módulo de comunicación				

Tarea	Cumplimiento de la tarea	Tiempo empleado	Errores	Observaciones
Realice un ejercicio de Nominación				
Realice un ejercicio de Escritura del nombre				
Realice un ejercicio de Detalles				
Busque su alimento preferido en el módulo de comunicación				
Realice un ejercicio de Letras del nombre				
Realice un ejercicio de Grafomotricidad				
Realice un ejercicio de Conteo				
Realice un ejercicio de Reconocimiento de rostros				
Busque su alimento preferido en el módulo de comunicación				

Percepción del Paciente

(Esta sección debe ser contestada por el participante)

Describa su experiencia con el sistema SIMCRA:

Para las siguientes preguntas responda SI o NO:

- | | | |
|--|------|------|
| 1. ¿Le gustó utilizar el SIMCRA? | SI__ | NO__ |
| 2. ¿Entendió la manera de utilizar el SIMCRA? | SI__ | NO__ |
| 3. ¿Volvería a utilizar el SIMCRA en sus terapias? | SI__ | NO__ |
| 4. ¿Cree que el SIMCRA le ayudaría a tratar su enfermedad? | SI__ | NO__ |
| 5. ¿Sintió angustia o confusión al utilizar el SIMCRA? | SI__ | NO__ |

Percepción del Terapeuta tratante

(Esta sección debe ser contestada por el terapeuta tratante)

Describa su experiencia con el sistema SIMCRA:

Califique de 1 a 5 los siguientes aspectos, siendo 5 lo óptimo y 1 lo deficiente:

Aspecto	1	2	3	4	5
¿La cantidad de tiempo utilizado por el paciente para utilizar el sistema es adecuado para sus capacidades?					
¿Los métodos de interacción (acceso al sistema) fueron facilitadores para el paciente?					
¿Usted considera que la interfaz propuesta es clara para el paciente?					
¿El tiempo empleado para aprender a utilizar el sistema es adecuado?					
¿Usted considera que el sistema es intuitivo para el paciente?					
¿La cantidad de errores cometidos esta en proporción adecuada?					
¿Durante la ejecución de la prueba ocurrieron errores ajenos al usuario provenientes del sistema?					

Observaciones:

Firma del Participante

Firma del Paciente

K.4. Test de Terapeutas



SIMCRA

Sistema de Interacción Multimodal de Comunicación y Rehabilitación de la Afasia

Antecedentes

Fecha: _____

Nombres: _____ Apellidos: _____

Edad: _____ Género: _____ Nivel de estudios: _____

Tiempo de ejercicio en tratamientos de la afasia: _____

Describe como realiza una sesión de terapia:

Describe su experiencia en el uso de tecnología en procesos de rehabilitación y comunicación aumentativa y alternativa:

Que expectativas posee de un sistema computacional utilizado para procesos de rehabilitación y comunicación aumentativa y alternativa:

Percepción Inicial

(Esta sección debe ser contestada luego de obtener la charla de explicación del sistema SIMCRA)

Describe su percepción inicial del sistema SIMCRA:

Desarrollo de tareas

(Esta sección debe ser llenada por el observador)

Tarea	Cumplimiento de la tarea	Tiempo empleado	Errores	Observaciones
Cree el registro de un paciente				
Modifique el perfil de un paciente				
Consulte el perfil de un paciente				
Ingrese al sistema				
Busque los ejercicios agendados				
Busque los ejercicios de escritura del nombre				
Agende ejercicios de rehabilitación				
Realice los ejercicios agendados				
Realice la evaluación de los ejercicios estudiados				
Pida un menú de la recomendación de comidas colombianas				
Salga del sistema				
Elimine el perfil de un paciente				

Percepción del Terapeuta

(Esta sección debe ser contestada luego de interactuar con el sistema SIMCRA)

Describa la experiencia obtenida al utilizar el sistema SIMCRA:

Califique de 1 a 5 los siguientes aspectos, siendo 5 lo óptimo y 1 lo deficiente:

FACILIDAD DE USO:

Aspecto	1	2	3	4	5
¿Los iconos utilizados son coherentes con su significado?					
¿El registro de pacientes es fácil?					
¿La asignación de ejercicios se realiza de manera fácil y entendible?					
¿La distribución de las pantallas permite un acceso rápido a las funcionalidades del sistema?					
¿Los colores utilizados son adecuados?					
¿La navegación por las opciones del programa es fácil?					
¿La preparación del hardware del sistema para su aplicación es fácil?					

UTILIDAD:

Aspecto	1	2	3	4	5
¿El sistema puede ser utilizado en los procesos de rehabilitación de un paciente con afasia?					
¿El sistema suministra estrategias para mejorar el lenguaje?					
¿El sistema se convierte en facilitador de los procesos terapéuticos?					
¿El sistema puede ser utilizado para evaluación?					
¿El sistema ayuda al reestablecimiento de habilidades comunicativas?					
¿El módulo de recomendación de alimentos contribuye a la comunicación aumentativa y alternativa de pacientes con afasia?					
¿El sistema de recomendación agiliza los procesos comunicativos del paciente?					
¿Utilizaría el sistema en procesos de terapia y comunicación aumentativa de pacientes con afasia?					

CONTENIDOS:

Aspecto	1	2	3	4	5
¿Las imágenes utilizadas representan fácilmente el concepto que se quiere transmitir?					
¿Las instrucciones de los ejercicios son claras y fáciles de entender?					
¿Los tipos de ejercicios son válidos para una terapia de rehabilitación de un paciente con afasia?					
¿Se efectúa retroalimentación correcta frente a cada respuesta?					
¿La variedad de los tipos de ejercicios contribuye al proceso terapéutico?					

Aspecto	1	2	3	4	5
¿Los textos utilizados son claros?					
¿Los audios utilizados son claros?					
¿Los niveles utilizados permiten un manejo de instrucciones de lo simple a lo complejo?					

Califique de 1 a 5 los siguientes aspectos de cada modelo de interacción, siendo 5 lo óptimo y 1 lo deficiente:

Aspecto	Lápiz IR	Trackball	Fichas
Fácilidad			
Naturalidad			
Eficiencia			
Memorabilidad			

Qué funcionalidades le agregaría al sistema SIMCRA:

Observaciones y Recomendaciones:

Firma del Participante

Apéndice L

Otros Anexos

RESUMEN: En este apéndice se relacionan otros anexos que no pueden ser incluidos en este documento pero que se pueden encontrar en el cd del trabajo de grado.

L.1. Software SIMCRA

El software desarrollado del prototipo del sistema se encuentra en la carpeta SIMCRA del cd. Existe un ejecutable de Adobe AIR que puede ser instalado en los sistemas operativos de Windows y Mac, siempre y cuando el ordenador tenga instalado los controladores de Adobe Air que se pueden encontrar en: get.adobe.com/air/

L.2. Documentación Pruebas

La documentación de las pruebas se encuentra en la carpeta Anexos/Pruebas, donde se tiene acceso a los consentimientos informados, resultados de las pruebas y entrevistas realizadas.

L.3. Vídeo de Aplicación

El vídeo de explicación del sistema se encuentra en la carpeta Anexos/Video, este vídeo esboza de manera general el publico objetivo y las funcionalidades del sistema.

L.4. Manual de Usuario

El manual de usuario se encuentra en la carpeta ManualUsuario, en el cual por medio de una serie de videos se le explica al terapeuta lo forma de utilizar el sistema.

Bibliografía

- ABASCAL, J. y MORIYÓN, R. Tendencias en interacción persona computador. 2002.
- ABRE, A. y WEHRENDT, S. Rehabilitación computacional en afasia, 2009.
- ACOSTA RAMÍREZ, N., PEÑALOZA, R. E. y GARCÍA RODRÍGUEZ, J. Carga de enfermedad colombia 2005: Resultados alcanzados. Informe técnico, Pontificia Universidad Javeriana, 2008.
- AGUIAR FERNÁNDEZ, M. D. M. y AGUIAR FERNÁNDEZ, K. La elección del color en las interfaces graficas de usuario. 1998.
- ÁLVAREZ LAMI, L. y BERMÚDEZ MENDOZA, A. C. *Afasia*. Hermanos Ameijeiras, 2 edición, 2008.
- ANTONÍN, M. *Tecnologías del lenguaje*. Manuales: Humanidades. Editorial UOC, 2003. ISBN 9788484298809.
- ARDILA, A. *Las Afasias*. Department of Communication Sciences and Disorders, Miami, Estados Unidos, 2006.
- BARJA PÉREZ, J. M. Accesibilidad informatica. *Maremagnum*, (11), páginas 99–105, 2008.
- BASIL, C., SORO-CAMATS, E. y ROSELL, C. *Sistemas de signos y ayudas técnicas para la comunicación aumentativa y la Escritura*. Masson, 2004.
- BAY, H., ESS, A., TUYTELAARS, T. y GOOL, L. V. Speeded-up robust features (surf). *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 110(3), páginas 346 – 359, 2008.
- BEIN, E. y OVCHAROVA, P. *Clínica y rehabilitación de las afasias*. Sofia: Meditsina, 1970.
- BELLOCH, C. Tecnologías de ayuda: Sistemas alternativos de comunicación. Unidad de Tecnología Educativa, 2004.

- BENSON, D. *Aphasia, alexia and agraphia*. Churchill Livingstone, New York, 1970.
- BROWN, M. y LOWE, D. Invariant features from interest point groups. En *In British Machine Vision Conference*, páginas 656–665. 2002.
- CABENA, P., HADJINIAN, P., STADLER, R., VERHEES, J. y ZANASI, A. *Discovering data mining: from concept to implementation*. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ, USA, 1998.
- CÁCERES GONZÁLEZ, A. E. La métrica de Levenshtein. *Revista de Ciencias Básicas UJAT*, vol. 7(2), páginas 35 – 43, 2008.
- CELDRÁN CLARES, M. y ZAMORANO BUITRAGO, F. Trastornos de la comunicación y el lenguaje., 2003.
- COLINA, S. Afasia y tratamiento de la afasia. Entrevista Personal, 2011.
- COOK, A. M., POLGAR, J. y HUSSEY, S. *Cook and Hussey's assistive technologies: Principles and practice*. Mosby Elsevier, St. Louis, 2008.
- DAVIS, L. y COPELAND, K. Computer use in the management of aphasia: A survey of practice patterns and opinions. *Contemporary Issues in Communication Science and Disorders*, vol. 33, páginas 138–146, 2006.
- DERPANIS, K. G., LEUNG, E. T. H. y SIZINTSEV, M. Fast scale-space feature representations by generalized integral images. En *ICIP (4)*, páginas 521–524. 2007.
- DIX, A., FINLAY, J., ABOWD, G. D. y BEALE, R. *Human-Computer Interaction*. Prentice Hall, 2005.
- DUMAS, B., LALANNE, D. y OVIATT, S. Multimodal interfaces: A survey of principles, models and frameworks. En *Human Machine Interaction*. Springer Berlin / Heidelberg, 2009.
- FERRÉ, X. Principios básicos de usabilidad para ingenieros software. Informe técnico, Universidad Politécnica de Madrid, 2005.
- GARCÍA-ALBEA, J., PABÓN, S. y BERNARDOS, M. *Test de Boston para el diagnóstico de la afasia: Adaptación española*. Editorial Médica Panamericana, 1996. ISBN 9788479033439.
- GARRETT, K. y BEUKELMAN, D. Augmentative communication approaches for persons with severe aphasia. *Augmentative communication in the medical setting*, páginas 245–337, 1992.

- GRANOLLERS, T. *MPIu+a. Una Metodología que Integra la Ingeniería del Software, la Interacción Persona-Ordenador y la Accesibilidad en el Contexto de Equipos de Desarrollo Multidisciplinares*. Tesis Doctoral, Universitat de Lleida, 2004.
- GUERRA, M. D. R. M. Informe de gestión al congreso del ministerio de tecnologías de la información y comunicación. Online, 2010.
- HÉCAEN, H. *Afasia y apraxias*. Paidós, Buenos Aires, 1997.
- HELM-ESTABROOKS, N. y ALBERT, M. *Manual de La Afasia y de Terapia de La Afasia*. Médica Panamericana, 2005.
- IZA, M. Tecnología computacional en afasia. *Revista de Psicología General y Aplicada*, vol. 56(1), páginas 101–123, 2003.
- KAPLAN, E., GOODGLASS, H., WEINTRAUB, S. y SEGAL, O. *Test de vocabulario de Boston*. Editorial Médica Panamericana, 1996. ISBN 9788479033439.
- KATZ, R. C. y WERTZ, R. T. Computerized hierarchical reading treatment in aphasia. *Aphasiology*, vol. 6(2), páginas 165–177, 1992.
- KEENAN, J. y CO, B. . H. *A Language Rehabilitation Program; Aphasia*. Bell & Howell language master audio-visual program. Bell & Howell Company, 1967.
- KERTESZ, A. Aphasia. *Handbook of clinical neurology*, vol. 45, 1985.
- LARRAZ, C. La comunicación aumentativa. 2006.
- LOWE, D. G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International Journal of Computer Vision*, vol. 60, páginas 91–110, 2004.
- LURIA, A. *The Working Brain: An Introduction To Neuropsychology*. Basic Books, 1976. ISBN 9780465092086.
- MA, X. An online multimedia language assistant for people with aphasia and other language barriers. *Sigaccess Newsletter*, vol. 96, páginas 46–49, 2010.
- MANDEL, T. *The elements of user interface design*. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA, 1997. ISBN 0-471-16267-1.
- MARRÓN, E., ALISENTE, J., IZAGUIRRE, N. y RODRÍGUEZ, B. *Estimulación cognitiva y rehabilitación neuropsicológica*. Psicología (Editorial UOC). Editorial UOC, S.L., 2009. ISBN 9788497888622.
- MARTIN, S. Effective visual communication for graphical user, 1998.

- MARTÍNEZ, J. M. Neurolingüística: patologías y trastornos del lenguaje. *Revista Digital Universitaria*, vol. 9(12), 2008.
- MAYER, J. *The picture Communication Symbols*. Stillwater, 1981.
- MILLS, R. H. Microcomputerized auditory comprehension training. En *Clinical Aphasiology Conference* (editado por B. Publishers), páginas 147–152. 1982.
- MORALES, P. *Accesibilidad Informática y Discapacidad*. Mergablum. Edicion y Comunicacion, S. L., 2001. ISBN 9788495118417.
- NIDCD. La afasia. *NIDCD Fact Sheet*, 2009.
- NIELSEN, J. Usability engineering. AP Professional, 1993.
- NIELSEN, J. Why You Only Need to Test With 5 Users. 2000.
- NORMAN, D. *The Design of Everyday Things*. Basic Books. Basic Books, 2002. ISBN 9780465067107.
- OBLER, L. y GJERLOW, K. *El lenguaje y el cerebro*. Lingüística (Cambridge University Press). Cambridge University Press, 2001. ISBN 9788483230909.
- ORDÓÑEZ, P. *Cálculo*. Delta, 2005.
- OVIATT, S., COHEN, P., WU, L., VERGO, J., DUNCAN, L., SUHM, B., BERS, J., HOLZMAN, T., WINOGRAD, T., LANDAY, J., LARSON, J. y FERRO, D. Designing the user interface for multimodal speech and pen-based gesture applications: state-of-the-art systems and future research directions. *Hum.-Comput. Interact.*, vol. 15(4), páginas 263–322, 2000. ISSN 0737-0024.
- PANTELEEVA, O. *Fundamentos de Probabilidad y Estadística*. Uaem, 2005.
- PETRELLI, D. Interfaces: definition, function and benefits. Online, 2006.
- PLIEGO, F. y PEREZ, L. *Fundamentos de Probabilidad*. Thomson, 2006. ISBN 9788497325004.
- RÍOS RINCÓN, A., LASERNA GUTIÉRREZ, R., MELO OLIVERA, R., VARGAS, M. C. y RAMIREZ, N. C. Tecnología y discapacidad. Informe técnico, Universidad del Rosario, 2007.
- RUBIN, J., CHISNELL, D. y SPOOL, J. *Handbook of Usability Testing: Howto Plan, Design, and Conduct Effective Tests*. John Wiley & Sons, 2011. ISBN 9781118080405.

- VAN DE SANDE, K. E. A., GEVERS, T. y SNOEK, C. G. M. Evaluating color descriptors for object and scene recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 32(9), páginas 1582–1596, 2010.
- SASTOQUE, S. Método de reconocimiento de símbolos pictográficos de comunicación basado en los descriptores surf para comunicación aumentativa y alternativa. Informe técnico, Universidad Militar Nueva Granada, 2011.
- SASTOQUE, S., COLINA, S. y IREGUI, M. Multimodal interacción system for disable people. En *Anais XVIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web*, páginas 127–131. Universidade de Sao Paulo, Sao Paulo, Brasil, 2012.
- SASTOQUE, S. y IREGUI, M. Prototipo de interacción para personas con discapacidad. Informe técnico, Universidad Militar Nueva Granada, 2011.
- SEBE, N., LEWA, M. S. y HUANG, T. S. The state of the art in human-computer interaction. 2006.
- SHARP, H., ROGERS, Y. y PREECE, J. *Interaction Design: Beyon Human-computer Interaction*. Wiley, 2002.
- SHNEIDERMAN, B., PLAISANT, C., CUADRADO, J. y MOLINA, J. *Diseño de interfaces de usuario: Estrategias para una interacción persona-computadora efectiva*. Pearson Education, 2005. ISBN 9788420548036.
- SIK LÁNYI, C., GEISZT, Z. y MAGYAR, V. Using it to inform and rehabilitate aphasic patients. *Informing Science Journal*, vol. 9, 2006.
- SOMMERVILLE, I. y GALIPIENSO, M. *Ingeniería del software*. Pearson Educación, 2005.
- SPOOL, J. y SCHROEDER, W. Testing web sites: five users is nowhere near enough. En *CHI '01 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '01, páginas 285–286. ACM, New York, NY, USA, 2001.
- FOR STANDARDIZATION, I. O., INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. TECHNICAL COMMITTEE ISO/TC 159, E. o. H.-S. I. W. G. W. . C. W., ERGONOMICS. SUB-COMMITTEE SC 4 y REQUIREMENTS, E. *Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs): Guidance on the work environment*. International standard. International Organization for Standardization, 1999.
- TIDWELL, J. *Designing Interfaces*. O'Reilly Series. O'Reilly Media, Incorporated, 2010. ISBN 9781449379704.

- UMNG. *Proyecto Educativo del Programa de Ingeniería en Multimedia*. Bogotá D.C, 2011.
- VIRZI, R. A. Streamlining the design process: Running fewer subjects. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, vol. 34(4), páginas 291–294, 1990.
- WEISS, S. M. y INDURKHYA, N. *Predictive data mining: a practical guide*. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 1998.